Veränderungen,

welche bei der Dürrheubereitung im Grase vor sich gehen.

ACAD. LUDW. BAT. BIBL.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät (Sektion II)

der

Kgl. Bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Fritz Fleischmann
aus Bayreuth.

Merseburg.
Druck von Friedrich Stollberg.
1912.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545824_0027

Inhalt.

Seite

I. Teil.

Methoden.

A. Prüfung einiger Methoden 3

a) Wasserbestimmung 3
b) Veraschung zur Bestimmung der Phosphorsäure 7
c) Phosphorsäurebestimmung 9
d) Trennung der verschiedenen Phosphorverbindungen 14

1. Bestimmung der wasserlöslichen anorganischen und organischen Phosphorverbindungen 14
2. Ermittelung der nur in angesäuertem Wasser löslichen Phosphorverbindungen 27
3. Lecithinbestimmung 31
4. Zusammenstellung der nach den beschriebenen Methoden bestimmbaren Phosphorverbindungen 48

B. Beschreibung der angewandten Untersuchungsmethoden 49

a) Methoden und Apparate 49
1. Beschaffung des Materials 49
2. Vakuumtrocknung 51
3. Vakuumtrockenkasten von v. Soxhlet 52
4. Exsikkator für die Weissblechschachteln 53
5. Vorbereitung zur Analyse 53
6. Futtermittelanalyse 53
7. Bestimmung der verschiedenen Formen der Phosphorsäure . 55
α) Veraschung nach Neumann 55
β) Phosphorsäurebestimmung nach Lorenz 56
γ) Bestimmung der Gesamtphosphorsäure 56
δ) Lecithinbestimmung 56
ε—ν) Andere Formen der Phosphorsäure 56
8. Apparat zum Abdampfen von Alkohol und Äther aus Extrakten 59
9. Vorrichtung zu Beregnungsversuchen 61

b) Berechnungen 62
1. Berechnung des Alkoholgehaltes und des Volumens einer Mischung von Alkohol und Wasser 62
2. Berechnung des Alkoholgehaltes und des Volumens eines Extraktes, hergestellt durch Einwirkung von Alkohol auf eine wasserhaltige Substanz 63

Seite

3. Berechnung der Korrektur für einen Niederschlag aus einem Lösungsmittel, wenn mit dem vorher angewandten Lösungsmittel ein Teil des fällbaren Stoffes zurückblieb 63
4. Umrechnung des Analysenresultates auf die Trockenmasse des frischen Grases 64
5. Faktorentabelle 65
6. Berechnung der durchschnittlichen Temperaturen 66

II. Teil.

Versuche über die Veränderungen, welche bei der Heuwerbung im Grase vor sich gehen.

A. Verluste an Trockenmasse bei der Dürrheubereitung unter verschiedenen äusseren Bedingungen 68
a) Einleitung 68
b) Rasche Heuwerbung im Sonnenschein 75
c) Langsame Trocknung im Sonnenschein 78
d) Langsame Trocknung ohne Sonnenschein 81
1. Bei bewölktem Himmel 81
2. Bei künstlicher Beschattung 88
e) Bei welchem Grad der Trocknung finden merkliche Verluste an Trockenmasse nicht mehr statt? 96
f) Verlängern der Trocknungsdauer durch Besprengen 98
g) Verluste durch Mikroorganismen beim trocknenden Gras . . . 103
h) Verluste an Trockenmasse durch Beregnen (Auswaschen) . . . 110
i) Schlussfolgerungen 120
B. Welche Stoffgruppen erleiden bei der Dürrheubereitung Zersetzungen oder Verluste 123
a) Lecithin 123
b) Die übrigen Phosphorverbindungen 139
c) Stickstoffhaltige Verbindungen 144
d) Fett 155
e) Stickstoffreie Extraktstoffe 163
C. Ergebnisse 193
Alphabetisches Autorenregister 204
Alphabetisches Sachregister 209

Einleitung.

Im Jahre 1905 wurden von Herrn Wirkl. Geheimen Rat Prof. Dr. von Soxhlet an der K. B. Zentralversuchsstation in München Versuche angestellt, welche die Ursache des Misslingens der Kälberaufzucht im Donaumoose feststellen sollten ([73]).

In vielen Gehöften des Donaumooses erkrankten nämlich die Kälber an Lecksucht und gingen grösstenteils daran zugrunde.

Treu den bisherigen Ansichten vermutete man, dass schädliche Bestandteile ([41]) oder schädigende Eigenschaften ([33]) des sauren Heues die Erkrankungen verursacht hätten.

Die oben angeführten Münchener Versuche ([73]) haben den Beweis erbracht, dass diese allgemein geltende Ansicht — wenigstens für den vorliegenden Fall — irrig war. Nicht das saure Heu trug die Schuld an der Erkrankung, sondern der Mangel an zur Entwicklung der Kälber notwendigen Stoffen. Die Kälber erkrankten auch bei einem Kontrollversuch mit Heu, das Lecksucht sonst nicht hervorgerufen hatte, fast in der gleichen Zeit, wie die mit Lecksuchtheu gefütterten Kälber trotz

Anmerkung: Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf den Literaturnachweis S. 204—208.

der Zugabe der (berechneten) nötigen Menge von Milch und Haferschrot. Die Erkrankung war noch nicht die ausgesprochene Lecksucht; doch prophezeiten auf Grund der vorhandenen Symptome mehrere erfahrene Tierärzte übereinstimmend das baldige Auftreten der Lecksucht. Die Zugabe von Leinsamen aber über die als nötig berechnete Futtermenge hinaus führte nicht nur baldige Genesung herbei, sondern bewirkte auch, dass die Tiere nach einem Jahre bei der Schlachtung sich in einem Ernährungszustande befanden, „wie man ihn von Tieren dieses Alters kaum besser erwarten kann“ (Gutachten des Herrn Obertierarztes am städtischen Schlachthof zu München MOELTER). Diese Tatsache, sowie die Beobachtung von OSTERTAG und ZUNTZ ([42]), dass Weidegang auf Sauerwiesen, deren Heu Lecksucht hervorrief, nicht nur unschädlich für gesunde Tiere ist, sondern für lecksuchtkranke sogar heilsam wirkt, legte die Vermutung nahe, dass bei der Umwandlung des Grases in Dürrheu Stoffe verloren gehen, die für den wachsenden Organismus unentbehrlich sind.

Uber diese bisher noch nicht bearbeitete Frage einige Klarheit zu verschaffen, war das Ziel der nachfolgenden Untersuchungen.

Da es sich darum handelte, einen möglichst hohen Grad von Genauigkeit zu erreichen, ferner die bei solchen Untersuchungen ohnehin überreichen Fehlerquellen möglichst zu verringern, so empfahl es sich, einige Bestimmungsmethoden nachzuprüfen und andere für den vorliegenden Zweck neu auszuarbeiten (I. Teil S. 3—66).

In zweiter Linie war festzustellen, ob beim langsamen Trocknen des Grases — wie es in der Praxis bei der Dürrheubereitung stattfindet — nicht Verluste an Trockenmasse auftreten, welche bei vergleichenden Gegenüberstellungen des Grases mit dem daraus bereiteten Dürrheu berücksichtigt werden müssen (II. Teil S. 68—123).

Endlich sollte untersucht werden, welche Umwandlungen und Veränderungen gewisse Nährstoffgruppen bei der Dürrheubereitung erleiden (II. Teil S. 123—193). Besonderes Augenmerk war dabei auf das Lecithin zu richten, das im pflanzlichen und im tierischen Körper eine sehr wichtige Rolle spielt. Es steht bis jetzt nicht fest, ob der Körper höherer Tiere diese wichtige

organische Phosphorsäureverbindung aus ihren Zersetzungsprodukten oder gar aus anorganischen Phosphaten aufbauen kann (II. Teil S. 123—144).

Einige meiner Versuche wurden in den Tätigkeitsberichten der Landwirtschaftl. Zentr.-Vers.-Stat. für Bayern 1906—1909 ([72]) besprochen und die Ergebnisse gelangten von da in verschiedene landw. Zeitschriften und auch in KELLNERS „Ernährung der landw. Nutztiere“ ([26]).

I. Teil. Methoden.

A. Prüfung einiger Methoden.

a) Wasserbestimmung (s. Tabelle S. 4).

Nach dem Versuchsplane konnten die Proben nicht in der gebräuchlichen Weise [KÖNIG, Untersuchung ([29])] auf Trockenmasse geprüft werden. In Betracht kamen nur Methoden, die ein schnelles Trocknen ohne Vorbehandlung und Zerkleinerung der Substanz ermöglichen. Ihre Brauchbarkeit sollte durch Vergleich mit den Ergebnissen der Trockensubstanzbestimmungen im Vakuum über Schwefelsäure festgestellt werden.

Als Material diente staubfein gemahlenes Heu, weil bei den späteren Untersuchungen in der Mehrzahl der Fälle Heu in Verwendung kam, und weil man bei vergleichenden Untersuchungen über Wasserbestimmung diese Substanz beliebig lang aufheben konnte, ohne Zersetzungen befürchten zu müssen.

Das Heu wurde auf folgende Arten getrocknet:

A. Trocknung bei Zimmertemperatur im Vakuum 19° C.:
   1. Mit Hilfe von Trocknungsmitteln:
      a) über konzentrierter Schwefelsäure,
      b) über Chlorcalcium.
   2. Ohne Trocknungsmittel:
      c) im SOXHLETschen Vakuumtrockenkasten (s. S. 52).

B. Trocknung bei erhöhter Temperatur im Vakuum:
   d) bei 35° C. im SOXHLETschen Vakuumtrockenkasten,
   e) bei 65° C. „ „ „
   f) bei 98° C. „ „ „

C. Trocknung bei erhöhter Temperatur und ohne Druckverminderung:
   g) bei 105° C. im SOXHLETschen Backofen,
   h) im gewöhnlichen Lufttrockenschrank bei 105° C.

Zu a. Die Trocknung im Vakuum über Schwefelsäure bei Zimmertemperatur ging verhältnismässig langsam vor sich. Gewichtskonstanz schien nach etwa 10 Tagen erreicht.

Zu b. Die Wasserabgabe über Chlorcalcium im Vakuum bei Zimmertemperatur ging gleichfalls sehr langsam vor sich. Nach etwa 9 Tagen war Gewichtskonstanz eingetreten, doch war sicher keine vollständige Wasserabgabe erfolgt, denn der Wassergehalt war etwa 0.8 % niederer, als beim Trocknen über Schwefelsäure. Dass noch Wasser in der Substanz enthalten war, zeigte sich, als die Trocknung im Vakuum bei 98° vorgenommen wurde. Nach 4 Stunden war der prozentische Gehalt an Trockenmasse von 90.53 auf 89.70 herunter gegangen und entsprach so einerseits dem Trockengehalt, der erhalten wurde, wenn man das Gras unmittelbar im Vakuum 3 Stunden lang auf 98° C. erhitzte, andererseits dem Trockengehalt, der nach 10 Tagen im Vakuum über Schwefelsäure sich ergab.

Zu c. Das Trocknen im Vakuum ohne Trocknungsmittel bei Zimmertemperatur ging äusserst langsam vor sich. Nach 1 Monat war der Wassergehalt noch um 2.20 % geringer, als der im Vakuum über Schwefelsäure nach 10 Tagen, oder im Vakuum bei 98° C. nach 3 Stunden gefundene.

Zu d. Demgegenüber zeigte Behandeln im Vakuum bei 35° eine anfangs raschere, dann aber ebenso langsame Wasserabgabe; deshalb wurde der Versuch nach 3 Stunden abgebrochen und das bei 35° vorgetrocknete Material zu zwei weiteren Versuchsreihen benützt: zur Trocknung im Vakuum über Chlorcalcium und zur Trocknung im Vakuum bei 98° C.

Im Vakuum über Chlorcalcium bei 19° gab das bei 35° vorgetrocknete Material, wie zu erwarten war, Wasser ab; nach 4 Tagen war der gleiche Wassergehalt gefunden, wie bei der Versuchsreihe b in 6 Tagen, nämlich 9.4 %. Bei Ausdehnung der Trocknung im Vakuum über Chlorcalcium auf 3 Monate war die Wasserabgabe 9.7 %, also ungefähr 0.2 % höher als beim unmittelbaren Evakuieren über Chlorcalcium nach 16 Tagen (Versuchsreihe b). Der Teil des bei 35° vorgetrockneten Materials, welcher bei 98° im Vakuum weiter getrocknet wurde, gab rasch sein Wasser ab und hatte nach 3 Stunden die gleiche Trockenmasse, wie sie durch Trocknen im Vakuum bei 98° von Anfang an nach 3 Stunden erhalten

wurde. Zur Kontrolle für die unten beschriebene Trocknun im Lufttrockenschrank bei 105° (Versuchsreihe h) wurde die im Vakuum bei 35° vorgetrocknete, dann im Vakuum bei 98° weiterbehandelte Substanz im Lufttrockenschrank bei 105° 2 Stunden erwärmt. Es folgte noch einmal eine Verminderung der Trockenmasse und die erhaltene Zahl stimmte mit der überein, die nach 18stündigem Erwärmen des frischen Heues im Lufttrockenschrank bei 105° erhalten worden war.

Zu f. Im Vakuum bei 98° war schon nach 3 Stunden fast völlige Gewichtskonstanz erreicht. Nach weiterem 10stündigen Erhitzen betrug die Gewichtsabnahme nur 0.25 % mehr. Es schien angezeigt, die Trocknung im Vakuum bei 98° C. nach 3 Stunden als beendigt anzusehen.

Zu g. Trocknen im SOXHLETschen Backofen gab annähernd dieselben Resultate wie Trocknen im Vakuum bei 98°. Nur ging die Wasserabgabe etwas langsamer vor sich.

Zu h. Der Lufttrockenschrank bei 105° lieferte die niedersten Resultate an Trockenmasse. Nach 3 Stunden erhielt man fast 0.2 % weniger, als bei 3stündigem Erhitzen im Vakuum bei 98°. Nach 8 Stunden erhielt man 0.4 % weniger, als bei gleich langem Erhitzen im Vakuum bei 98°.

Aus der Vergleichung der angewendeten Trocknungsverfahren ergaben sich folgende Resultate:

Jedes Trocknungsverfahren ergab nach einiger Zeit das, was man Gewichtskonstanz nennt. Ein weiteres Fortsetzen desselben Verfahrens bewirkte eine zwar nur unbedeutende aber scheinbar unaufhörliche Gewichtsabnahme. Die einzelnen Trockenverfahren miteinander verglichen ergaben keineswegs die gleiche Menge Trockenmasse. Gleiche Trockenmasse wurde erhalten durch Trocknen im Vakuum über Schwefelsäure bei Zimmertemperatur nach sehr langer Zeit (10 Tage), im Vakuum bei 98° und im SOXHLETschen Backofen bei 105° in kurzer Zeit (3 Stunden). Während die Trocknung im Vakuum über Chlorcalcium bei Zimmertemperatur, sowie die Trocknung im Vakuum ohne Trocknungsmittel bei 19—65° eine ungenügende war, war der Verlust an flüchtigen Stoffen im Lufttrockenschrank bei 105° zu hoch, was auf Zersetzung hinweist.

Heu bei verschiedenen Temperaturen und unter verschiedenen Umständen getrocknet.

Zeit:	Im Vakuum bei 19° C. über Schwefelsäure	Im Vakuum bei 19° C. über Chlorcalcium	Im Vakuum erwärmt auf: 19°	35°	65°	98°	Bei Atmosphärendruck auf 105° C. erhitzt: im von Soxhletschen Backofen	im gewöhnlichen Trockenschrank
1h			97.01	95.54 95.48	91.28	89.84 89.90	90.07	89.88
2h			95.37	93.00	91.29 91.13	89 75 89.70 89.82	89.93	89.64
3h			92.56	92.56 92.58			89.79	89.50
4h			92.44		91.21 91.07	89.67 89.60 89.67	89.81	89.37
5h			92.63				89.59	89.33
6h					90.95 91.04	89.45 89.47 89.48		
7h								
8h			92.61			89.45 89.45	89.47	89.03
9h								
10h					91.09	89.39 89.39		
11h								
12h = 1/2d			92.51				89.23	88.87
13h				Dauerndes Vakuum über $CaCl_2$ 19°	Vakuum bei 98°			
14h								
15h			92.51		1h 90.04		89.23	88.72
16h			92.40		2h 89.81			
17h			92.40		3h 89.70			
18h = 3/4d			92.44		4h 89,60		89.15	88.76
1d			92.31		5h 89.55			
1 1/2d	90.10 90.10	93.03 93.12			6h 89.44			
2d			92.15	2d 90.95				
2 1/2d								
3d	89.91 89.91	91.04 91.09						
3 1/2d								
4d				4d 90.62	Trockenschrank bei 105°			
4 1/2d								
5d					2h 88.76			
5 1/2d					4h 88.75			
6d	89.83 89.75	90.64 90.68						
6 1/2d								
7								
7 1/2d								
8d								
8 1/2d								
9d		90.51 90.54						
10d	89.79 89.71							
11d								
12d		90.46 90.46						
13d								
14d	89.73 89.64							
15d								
16d		90.46 90.51						
17d								
1m			91.98					
3m				3m 90.28				

Im Vakuum bei 98°		Im Vakuum bei 98°	
2h	89.81 89.94	89.94	2h
4h	89.71 89.68		
6h			
8h	89.52 89.61		
10h			
12h	89.47 89.51		
14h			
16h	89.46 89.49		

NB. Gleiche Trocknungsverfahren, die zu gleichen Resultaten geführt haben, sind durch Pfeile verbunden.

Aus praktischen Gründen wurde für die folgenden Untersuchungen von den 3 obengenannten Trocknungsverfahren, die übereinstimmende Resultate liefern, das Trocknen im Soxhlet-schen Vakuumtrockenkasten bei 98° gewählt, weil dieses Verfahren es ermöglicht, auch grosse Mengen sehr wasserreicher Substanzen rasch zu trocknen (Beschreibungen des Apparates S. 52).

Die auf der Tabelle ersichtliche unaufhörliche, wenn auch geringe, Abnahme der Trockenmasse bei weiterem Fortsetzen des Trocknungsverfahrens bildet eine Ergänzung und Bestätigung der Arbeit von Weiske über die Verluste und chemischen Veränderungen, welche die vegetabilischen Futtermittel infolge längeren Aufbewahrens bei höherer Temperatur erleiden ([93]).

b) Methode der Veraschung.

Da vermutet wurde, dass auch das Lecithin an den Veränderungen, die bei der Heuwerbung eintreten, beteiligt ist, die Bestimmung des Lecithins aber auf eine Phosphorsäurebestimmung hinausläuft, handelte es sich ganz besonders darum, die phosphorhaltigen Verbindungen zu trennen und die Phosphorsäure rasch zu bestimmen.

Von der üblichen Bestimmung des Phosphors nach der Veraschuug über freier Flamme wurde wegen des für die Veraschung nötigen Aufwandes an Zeit in Rücksicht auf die grosse Zahl der Bestimmungen Abstand genommen.

Angewandt wurde die von Neumann ([40]) beschriebene Säuregemischveraschung mit folgender Abänderung:

Die abgewogene (trockene oder feuchte) Substanz wurde mit 10 ccm Neumannscher Säuremischung[1]) im Kjeldahlkolben versetzt und auf einem Drahtnetz erst ganz gelinde, dann etwas stärker erhitzt. Nachdem die Entwicklung der rotbraunen Dämpfe aufgehört hat, gibt man tropfenweise konzentrierte Salpetersäure zu und erhitzt weiter. Dies ist so lange zu wiederholen, bis nach dem Verschwinden der roten Dämpfe kräftige weisse Schwefelsäuredämpfe auftreten, ohne dass Bräunung der Flüssigkeit eintritt. Die organische Substanz ist

[1]) Säuremischung: Man giesst langsam und unter Umschütteln $^1/_2$ l konz. Schwefelsäure in $^1/_2$ l konz. Salpetersäure vom spez. Gewicht 1.4.

dann zerstört und die Bestimmung der in der stark schwefelsauren Lösung enthaltenen Phosphorsäure kann nach der auf S. 56 beschriebenen Methode erfolgen.

Von NEUMANNS Gebrauch, die oxydierende Flüssigkeit aus einem Tropftrichter langsam zutropfen zu lassen, wurde Abstand genommen. Als Oxydationsmittel wurde nicht das Säuregemisch, sondern nur konzentrierte Salpetersäure verwendet, weil zur darauffolgenden Phosphorsäurebestimmung die Menge der Schwefelsäure annähernd konstant sein sollte.

In einem gut ziehenden Abzug ist die oben beschriebene Säuregemischveraschung leicht auszuführen, ohne dass man beim Zutropfen der konzentrierten Salpetersäure durch die Dämpfe belästigt wird. Da bekanntlich bei der üblichen Veraschung über freier Flamme ohne Zusatz von Basen Phosphorsäure zu Phosphor reduziert wird und sich verflüchtigt ([24]), so war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei Eintreten starker Verkohlung während der Verbrennung mit Säuregemisch Phosphor verloren gehen könnte. Auch die Anwesenheit von Chloriden konnte störend wirken.

Um hierüber Aufschluss zu erhalten, wurde käufliche Kartoffelstärke unter verschiedenen Bedingungen auf Phosphorsäure untersucht.

Käufliche Kartoffelstärke wurde gewählt, weil sie nur geringe Mengen von Phosphorsäure enthält und mit Schwefelsäure viel Kohle liefert.

I. Vergleich der Phosphorsäuremengen, erhalten bei Veraschung unter Sodazusatz einerseits, und andererseits erhalten nach NEUMANNS Veraschung.

1. 5 g wasserhaltige Stärke verascht und P_2O_5-Gehalt bestimmt:

	in 5 g	in 100 g
a) mit Sodalösung verkleistert usw. und verascht	0.0070 g P_2O_5	0.140
b) ohne Soda nach NEUMANN verascht .	0.0074 g P_2O_5	0.148
Differenz:	0.0004	0.008

2. Zu 5 g Stärke, welche 0.007 g P_2O_5 enthielt, wurden 5 ccm einer PO_4KH_2-Lösung zugefügt, welche 0.0021 g P_2O_5 enthielten.

Nach der Berechnung sollte gefunden werden . . 0.0091 g P_2O_5
Bei Veraschung nach NEUMANN wurden gefunden . 0.0092 g P_2O_5
Differenz: 0.0001 g P_2O_5.

Somit erhält man nach der Säuregemischveraschung nach NEUMANN dieselben Resultate, wie nach dem Veraschen mit Soda über freier Flamme; auch erhält man bei Zusatz einer Phosphatlösung von bekanntem Gehalt die berechneten Mengen P_2O_5.

II. Einfluss der Anwesenheit von Chloriden auf die auffindbare Menge Phosphorsäure.

5 g Stärke wurden mit steigenden Mengen Kochsalz versetzt, mit 5 ccm Wasser verkleistert und mit NEUMANNS Säuregemisch verascht. Die Verkleisterung geschah zur gründlichen Einverleibung des Kochsalzes.

Zu erwarten waren aus 5 g Stärke 0.007 g P_2O_5.

Kochsalz-Zusatz g	0	0.1	0 5	1.0	5.0
Gefunden	0 0071	0 0069	0 0069	0 0069	0 0069
Erwartet	0 0070	0.0070	0 0070	0 0070	0.0070
Differenz:	+ 0.0001	— 0.0001	— 0.0001	— 0.0001	— 0.0001

Chloride, auch in grösseren Mengen, haben keinen Einfluss auf die auffindbare Menge Phosphorsäure.

III. Einfluss der Verkohlung auf die auffindbare Menge Phosphorsäure.

In zwei vergleichenden Versuchen wurden je 5 g Stärke mit 10 ccm Säuregemisch versetzt und erhitzt. Bei a wurde so häufig und reichlich Salpetersäure zugeträufelt, dass eine Verkohlung nicht eintreten konnte, die Verbrennung der organischen Substanz vielmehr bei Überschuss von Salpetersäure vor sich ging.

Bei b wurde mit der Zugabe von Salpetersäure jedesmal so lange gewartet, bis unter Auftreten von weissen Schwefelsäuredämpfen schwammige Kohle sich abgeschieden hatte. Dann erst wurde bis zur Klärung der Flüssigkeit konzentrierte Salpetersäure zugefügt usw.

a) 5 g Stärke unverkohlt enthielten 0 0069 g P_2O_5,
b) 5 g Stärke verkohlt enthielten 0.0069 g P_2O_5.

Ein Einfluss der Verkohlung ist nicht wahrzunehmen.

Aus den vorliegenden Versuchen ergibt sich, dass die Bedenken, es könnte bei der Anwendung der Säuregemischveraschung ein Verlust an Phosphor entstehen, nicht stichhaltig sind.

c) Phosphorsäurebestimmung.

Für die Phosphorsäurebestimmung sollte das Verfahren nach LORENZ ([34]) angewandt werden, welches bei Einhaltung

der vorgeschriebenen Bedingungen zuverlässige Resultate liefert ([3], [10], [36]).

Da aber bei der geringen Menge von ätherlöslichen Phosphorverbindungen (Lecithin) in pflanzlichen Substanzen schon ganz kleine Störungen Ungenauigkeiten bringen konnten, die zu falschen Schlüssen führen, so musste für meine Zwecke das Verfahren nachgeprüft und, wenn nötig, der Faktor zur Berechnung der Phosphorsäure für die einzelnen Fälle berichtigt werden.

Da die Phosphorsäurebestimmung im Anschluss an die Säuregemischveraschung ausgeführt werden sollte, so kam in Betracht der Einfluss wechselnder Mengen

a) von Ammonsulfat,

b) von konz. Salpetersäure.

Zu a. Da grosse Mengen freier Schwefelsäure, die bei der Säuregemischveraschung vorhanden sind, nach LORENZ störend wirken ([35]), auch das manchmal nötige Filtrieren erschweren und zu unbequemer Vermehrung des Volumens führen, so wurde der Überschuss an Schwefelsäure durch Neutralisation beseitigt. Nun trat aber die Frage auf, ob die grosse Menge von Ammonsalzen nicht ihrerseits wieder störenden Einfluss habe.

Um hierüber Aufschluss zu erhalten, wurde eine Dinatriumphosphatlösung von bekanntem Gehalt an P_2O_5 mit steigenden Mengen Ammonsulfat versetzt und die Phosphorsäure nach LORENZ bestimmt. Bei dieser Gelegenheit sollte auch die günstigste Zeitdauer des Stehens festgestellt werden, da es vielleicht möglich war, dass durch längeres Stehen eine etwaige nachteilige Wirkung des Ammonsulfats kompensiert wird.

Die Versuche (auf nebenstehender Tabelle) zeigen, dass schwefelsaures Ammon bis zu 2.5 g in 100 ccm zu fällender Lösung vorhanden sein kann, ohne dass dadurch die Menge des Phosphorsäureniederschlags geändert wird. Übersteigt der Gehalt an schwefelsaurem Ammon 2.5 in 100, so wird entsprechend dem Anwachsen des Gehaltes an schwefelsaurem Ammon die Menge des Phosphorsäureniederschlages geringer.

Selbst sehr langes Stehen des Niederschlages ist bei einem Gehalt von 0—2.5 % Ammonsulfat ohne Einfluss. Bei grösseren Mengen von schwefelsaurem Ammon erhält man bei längerem Stehen zwar mehr Niederschlag; aber diese Zunahme vermag die durch das schwefelsaure Ammon hervorgerufene Depression

Veränderungen der Menge des Molybdänniederschlages und korrigierte Faktoren für steigende Mengen Ammonsulfat:

100 ccm zu fällender Lösung enthalten Ammonsulfat g	nach 1/4 h Stehen		nach 6 h Stehen		nach 18 h Stehen		nach 48 h Stehen		nach 72 h Stehen		nach 96 h Stehen		nach 120 h Stehen		nach 21 d Stehen	
	P_2O_5 mg	Faktor	P_2O_5 mg	Faktor	P_2O_5 mg	Faktor	P_2O_5 mg	Faktor	P_2O_5 mg	Faktor	P_2O_5 mg	Faktor	P_2O_5 mg	Faktor	P_2O_5 mg	Faktor
0	23.60	0.03305	—	—	23.68	0 03294	23.67	0.03295	23.69	0 03292	—	—	—	—	23.73	0.03287
2.5	—	—	—	—	23.62	0.03302	—	—	23.66	0.03296	—	—	—	—	—	—
3.5	23.43	0.03329	—	—	—	—	23.46	0.03325	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	23.39	0.03334	—	—	23.49	0.03320	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	23 38	0.03336	—	—	23.41	0 03322	—	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	23.28	0.03350	—	—	23 19	0.03362	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	23.17	0.03366	—	—	23.10	0.03375	—	—	—	—	—	—
Verascht nach NEUMANN, mit Ammoniak neutralisiert	—	—	—	—	23.07 23 06 23.04 23.01 22 97 22.93	0.03381 0.03382 0.03385 0.03390 0.03395 0.03401			—	—	—	—	—	—	—	—
24					22 94	0.03400	22.88	0.03409								
30	—	—	—	—	22.88	0.03409	—	—	22.82	0.03418	—	—	22.82	0.03418	—	—
50	—	—	19.05	0.03294	21.43	0.03639	21.72	0.03591	22.59	0.03453	22.65	0.03443	22.56	0.03457	—	—

nicht auszugleichen. Sonach bedarf der von LORENZ angegebene Faktor für die in Betracht kommenden Fälle einer Abänderung.

Aus Tabelle S. 9 ergeben sich folgende Zahlen.

	Statt 23,67 mg P_2O_5 wie vorhanden.		
Bei 0 % Ammonsulfat im Durchschnitt	23.67 mg		
„ 5 „ „ „ „	23.44 „	0.23	Differenz
„ 10 „ „ „ „	23.39 „	0.05	„
„ 15 „ „ „ „	23.24 „	0.15	„
„ 20 „ „ „ „	23.14 „	0.10	„
„ 30 „ „ „ „	22.85 „	0.29	„

Mittel für 1 % Ammonsulfat 0.82 : 30 = 0.0273 Differenz, d. h. für 1 % Ammonsulfat blieben durchschnittlich 0.0273 mg P_2O_5 in Lösung.

Hieraus berechnen sich folgende P_2O_5-Mengen und Faktoren:

bei % Ammonsulfat		mg P_2O_5	Faktor
0	23.67 — 0	= 23.67	0.03295
5	23.67 — (5 × 0.0273)	= 23.53	0.03315
10	23.67 — (10 × 0.0273)	= 23.40	0.03333
15	23.67 — (15 × 0.0273)	= 23.26	0.03353
20	23.67 — (20 × 0.0273)	= 23.12	0.03373
25	23.67 — (25 × 0.0273)	= 22.99	0.03392
30	23.67 — (30 × 0.0273)	= 22.85	0.03414

Diese berechneten Faktoren stehen in hinreichender Übereinstimmung mit den in der Tabelle auf S. 9 angeführten, aus den Niederschlagsmengen berechneten Faktoren.

Bei den Veraschungen mit Säuregemisch erhält man durch Neutralisieren der Schwefelsäure 21—26 % Ammonsulfat. Wie aus der Tabelle ersichtlich, schwankten die Mengen P_2O_5 zwischen 23.07—22.93 mg, im Mittel 22.99 mg P_2O_5; für dieses Mittel berechnen sich der Faktor 0.03392, der sich ungezwungen der oben stehenden berechneten Tabelle einfügt.

Dieser Spezialfaktor genügt bei den nach der Säuregemischveraschung vorkommenden Schwankungen des Ammonsulfatgehaltes vollständig.

Zu b. Es wurde eine Natriumphosphatlösung von bekanntem Gehalt an P_2O_5 ausser mit der von LORENZ vorgeschriebenen Menge Schwefel- und Salpetersäure (mit weiteren

10 ccm konz. Salpetersäure versetzt. Dabei wurde einmal ohne weiteres nach Lorenzscher Methode gefällt, das andere Mal waren zuerst mit der Natriumphosphatlösung dieselben Behandlungen vorgenommen worden, wie bei der Säuregemischveraschung. (Erhitzen mit Neumanns Säuregemisch usw.)

Natriumphosphatlösung	ohne Ammonsalze		Säuregemischveraschung neutralisiert (21—26 % Ammonsulfat)	
	P_2O_5 mg	Faktor	P_2O_5 mg	Faktor
Mit 1 ccm SO_4H_2 u. 10 ccm NO_3H	23.67	0.03 295	22.93 22 94 23.06	0.03 401 0.03 400 0.03 382
Mit 1 ccm SO_4H_2 u. 20 ccm NO_3H	23.70	0.03 291	23.30 23.31	0.03 347 0.03 346

Es ergibt sich, dass bei Abwesenheit von Ammonsulfat selbst die Zugabe der doppelten Menge Salpetersäure ohne Einfluss ist, dass sich in Lösungen mit Ammonsulfat bei steigenden Mengen von Salpetersäure zwar mehr Phosphorsäure ergab, als bei der vorgeschriebenen Menge von Salpetersäure, dass aber trotzdem die Menge der nachgewiesenen Phosphorsäure geringer war, als die wirklich vorhandene Menge.

1 g Lorenzscher Niederschlag bedeutet:

	P_2O_5 mg	Faktor
Nach Lorenz	32.95	0.03295
Nach dem Säuregemischverfahren	33.92	0.03392

Für die folgenden Untersuchungen wurde deshalb als Faktor für den Ammoniumphosphorsäuremolybdänniederschlag 0.03392 angewendet.

Aus vorstehenden Versuchen ergibt sich also, dass unter Berücksichtigung der Konzentrationsverhältnisse und bei einer entsprechenden Änderung des Lorenzschen Faktors die Anwendung der Phosphorsäurebestimmung nach Lorenz im Anschluss an die Säuregemischveraschung auch bei sehr geringen

Mengen Phosphorsäure, wie sie bei dieser Arbeit in Frage kamen, vollständig zuverlässig ist. (Ausführung der Bestimmung s. S. 56.)

d) Trennung der verschiedenen Phosphorverbindungen.

Zur Gewinnung und Trennung der verschiedenen Phosphorverbindungen wurde im allgemeinen folgendermassen verfahren:

Zunächst wurde die Gesamtmenge der Phosphorsäure in dem Futtermittel festgestellt. Dann wurde ein Teil von dem gleichen Material mit Alkohol extrahiert, endlich der Rückstand mit Wasser oder angesäuertem Wasser ausgekocht. Von der alkoholischen Lösung wurde ein Teil eingedampft und verascht: es ergab sich die Gesamtmenge der in Alkohol löslichen Phosphorverbindungen. Ein anderer Teil der alkoholischen Lösung wurde zur Trockne eingedampft, dann mit Äther extrahiert und das Ätherextrakt eingedampft und verascht; hierbei erhielt man die ätherlöslichen Verbindungen des Alkoholextraktes.

Substanz mit Alkohol ausgekocht.			
ein Teil der Lösung		Rückstand	
eingedampft und verascht = alkohollösliche Phosphorverbindungen	eingedampft, mit Äther extrahiert, Ätherextrakt eingedampft und verascht = ätherlöslicher Teil der alkohollöslichen Phosphorverbindungen	mit Wasser ausgekocht	mit Wasser und Säure ausgekocht

Die Reihenfolge der Bestimmungen ergibt sich aus obigem Schema.

1. Bestimmung der wasserlöslichen, anorganischen und organischen Phosphorverbindungen.

Um die Veränderungen in der Menge des Lecithins festzustellen, war es nötig, auch die anderen organischen und die anorganischen Phosphorverbindungen zu verfolgen.

Die anorganischen Phosphate mussten in einer Weise bestimmt werden, welche die Möglichkeit der Spaltung organischer Phosphorverbindungen in anorganische Phosphate ausschloss. Diese Spaltung konnte durch zwei Faktoren bewirkt werden, nämlich durch Mineralsäuren und durch Enzymwirkung.

Suzuki, Yoshimura und Takaishi ([89]) haben in Samen, Samenbestandteilen (Kleie, Ölkuchen) und in Keimlingen ein Enzym nachgewiesen, das sie Phytase nannten und das die Eigenschaft hat, wasserlösliche organische Phosphorsäureverbindung in anorganische Phosphorsäure zu zersetzen. Dieses Enzym ist von den genannten Forschern aus Reiskleie auch dargestellt worden. Es ist unempfindlich gegen Alkohol in der Kälte. Durch Kochen mit Wasser wird es zerstört. Vor der Wirkung dieses Enzyms schützte man sich dadurch, dass man die feinst zerkleinerten Pflanzenstoffe, in denen anorganische Phosphorsäure nachgewiesen werden sollte, bei 98° im Vakuum trocknete oder mit Alkohol oder mit Wasser kochte.

Dass Mineralsäuren zersetzend auf organische Phosphorsäureverbindungen einwirken können, war schon von Winterstein ([95]) gezeigt worden und Posternak ([45]), der die aus Pflanzensamen isolierbare und Phytinsäure genannte organische Phosphorverbindung genau untersuchte, nennt die quantitative Zersetzbarkeit durch heisse Mineralsäuren ihre wichtigste Eigenschaft.

Da bei der Phosphorsäurebestimmung nach der Molybdänmethode die Einwirkung heisser Mineralsäure nicht zu umgehen war, so suchten Hart und Andrews ([14]) die zersetzende Wirkung dadurch zu vermindern, dass sie die geringste Menge der zur Fällung nötigen Säure in Anwendung brachten.

Schulze und Castoro ([58]) haben den Einwurf erhoben, dass nicht nachgewiesen sei, ob die von Hart und Andrews zugesetzte Salpetersäuremenge bei Gegenwart von organischen Substanzen auch hinreichte, etwa vorhandene anorganische Phosphorsäure mit Molybdänsäure zur Ausscheidung zu bringen. Aus dem Original ([15] S. 188) ist eine Klarheit über den Weg, den Hart und Andrews zur Lösung des ihnen gestellten Problems einschlugen, nicht zu erlangen.

Andererseits ist die Wirkung von heisser, freier anorganischer Säure nach dem Verfahren von Hart und Andrews keineswegs

ausgeschlossen. Die mit Molybdänlösung und Salpetersäure versetzte Flüssigkeit muss doch $^1/_4$ Stunde auf 65° erwärmt werden.

Diesen Übelstand umgehen SCHULZE und CASTORO mit dem von ihnen vorgeschlagenen Verfahren ([58]):

10 g der feingepulverten lufttrockenen Substanz wurden mit 100 ccm einer 1 %igen Salzsäure bei Zimmertemperatur etwa 2 Stunden stehen gelassen. Dann wird abfiltriert und das Filtrat mit Chlorcalcium und Ammoniak versetzt. Der Niederschlag enthält unter anderem auch die anorganische Phosphorsäure und zwar in Form von Calcium- und vielleicht auch von Magnesiumsalzen. Nach Filtration und Auswaschen wird der Niederschlag zum Lösen der Calciumphosphate mit 50 ccm Ammonzitratlösung übergossen und 24 Stunden stehen gelassen. Die Lösung wird dann abfiltriert und zur Fällung der Phosphorsäure mit Magnesiamixtur versetzt.

Die Wirkung der Phytase ist bei diesem Verfahren nicht ausdrücklich berücksichtigt. Doch scheint die Salzsäure die Wirkung der Phytase stark zu beeinträchtigen; wenigstens fanden HART und ANDREWS bei ihren vergleichenden Versuchen mit verschiedenen Lösungsmitteln (Wasser, schwach essigsaures, schwach salzsaures Wasser) in den schwach salzsauren Lösungen stets die geringste Menge anorganischer Phosphorsäure. Eine treffende Erklärung wissen die beiden Forscher für diese Erscheinung nicht zu geben. Sie schreiben ([15]): Dass aus löslichen organischen Phosphorverbindungen viel leichter durch Wasser allein oder durch 1 %ige Essigsäure, als durch 0.2 %ige Salzsäure anorganische Phosphorsäure abgespalten wird, scheint eine mögliche Erklärung dieser Resultate.

Auch die Entdecker der Phytase SUZUKI und YOSHIMURA ([86]) benutzen beim Nachweis der anorganischen Phosphorsäure einen 0.2 %igen Salzsäureauszug, ohne Mittel anzugeben, welche die Phytase unschädlich machen. Nur bei Darstellung von Phytin im grossen lassen sie dem Ausschütteln mit 0.2 %iger Salzsäure ein zweimaliges Auskochen mit Alkohol vorhergehen.

SUZUKI und YOSHIMURA haben auch ([87]) Vergleiche angestellt, ob die gewöhnliche Molybdänmethode, die Methode nach HART und ANDREWS oder SCHULZES Methode höhere Resultate an anorganischer Phosphorsäure liefert. Sie haben gefunden, dass alle 3 Methoden zum gleichen Resultat führen.

Meine Versuche haben in den meisten Fällen Unterschiede zwischen den Phosphorsäuremengen ergeben, die durch Molybdänfällung und durch Fällung mit Magnesiamixtur erhalten wurden.

Versuch:

Gras Id wurde sofort nach dem Schnitt ins Vakuum gebracht und bei 98° in 3 Stunden getrocknet. Dann wurde es mit der Schere geschnitten, auf der Schrotmühle grob und dann in der Dreefschen Reibe staubfein gemahlen.

Ein Teil des Pulvers wurde mit Alkohol von verschiedener Konzentration und mit Äther wiederholt ausgekocht und der Rest des letzten Extraktionsmittels auf dem Wasserbade unter Druckverminderung entfernt. Der fast weisse Pulverrückstand wurde mit 1 l Wasser unter dem Rückflusskühler ausgekocht, nach dem Abkühlen wiederholt durchgeschüttelt und nach dem Absitzen mittels eines Faltenfilters vom Wasserextrakt getrennt. In aliquoten Teilen wurde die Phosphorsäurebestimmung ausgeführt.

1. Molybdänverfahren. Ein aliquoter Teil (50 ccm) wurde zum Sieden erhitzt, dann mit 1 ccm konz. Schwefelsäure, 10 ccm konz. Salpetersäure und 50 ccm Lorenzscher Molybdänlösung versetzt, so dass die Temperatur der Flüssigkeit in wenigen Sekunden von 99° auf etwa 60° gesunken war. Es wurde umgeschüttelt, 12 Stunden stehen gelassen und dann das Gewicht des Niederschlages ermittelt und die P_2O_5-Menge mittels des Lorenzschen Faktors (s. S. 13) errechnet.

   Die Bestimmung geschah also nach dem Verfahren von Lorenz. Der Niederschlag war zuerst flockig und weisslich, wurde später gelb, ohne aber die feine Körnung des gewöhnlichen Lorenzschen Niederschlages zu haben.

   Nach dem Wiegen wurde der gelbe Niederschlag im warmen Ammoniak gelöst und quantitativ in ein Kölbchen übergespült und die Lösung mit zitrathaltiger Magnesiamixtur und Ammoniak gefällt. Die weisse kristallinische Fällung wurde geglüht und gewogen. Diese Bestimmung sollte zeigen, ob der gelbe Niederschlag aus reinem Ammoniumphosphorsäuremolybdat bestand.
2. Ein aliquoter Teil wurde mit zitrathaltiger Magnesiamixtur und einem Überschuss von Ammoniak versetzt und umgerührt. Beim Umrühren fiel ein reinweisser fein kristallinischer

Niederschlag aus. Man liess 12 Stunden stehen, filtrierte, glühte und wog. (Genaue Beschreibung S. 23.) Nach dem Glühen wurde der Niederschlag mit warmer Salpetersäure gelöst, in ein Becherglas übergespült, die klare Lösung mit Ammoniak neutralisiert und nach Vorschrift mit Lorenzscher Molybdänlösung gefällt. Dies geschah, um die richtige Zusammensetzung des Glührückstandes zu prüfen. Denn Hart und Andrews hatten wiederholt beobachtet ([16]), dass der erste Glührückstand nach dem Lösen, Wiederfällen und Wiederglühen nur mehr Bruchteile der zuerst ermittelten Phosphorsäure zeigte.

3. Wurde ein aliquoter Teil des Wasserextraktes unter Zusatz von 5 ccm konz. Schwefelsäure und 10 ccm konz. Salpetersäure in einem Kjeldahlkolben über kleiner Flamme im Abzug bis zum Auftreten weisser Dämpfe eingeengt (s. S. 55), nach dem Abkühlen mit 25 ccm Wasser versetzt, die Kieselsäure abfiltriert und im neutralisierten Filtrat die Phosphorsäure nach Lorenz (S. 56) gefällt. Dadurch erhielt man die gesamtwasserlösliche Phosphorsäure.

4. Endlich wurde durch Veraschen einer eigenen unbehandelten Probe die Gesamtphosphorsäure des Grases bestimmt.

Die folgenden Zahlen bedeuten Gramm P_2O_5, nach den verschiedenen Verfahren (1—3) aus dem wässerigen Auszug erhalten und bezogen auf 100 g wasserfreien Grases:

1. Nach Lorenz gefällt	0.431 %
Der Niederschlag gelöst und mit Zitratmagnesiamixtur gefällt	0.399 „
2. Mit Zitratmagnesiamixtur direkt gefällt	0.330 „
Der Glührückstand gelöst und nach Lorenz gefällt	0.335 „
3. Verascht und nach Lorenz gefällt	0.574 „
4. Gesamtphosphorsäure des Grases	0.882 „

In gleicher Weise wurde Gras Ia, Ib, Ic behandelt. Die Proben waren, wie S. 78, 89 und 91 ausführlich beschrieben ist, von demselben Grasbeet wie Gras Id entnommen, aber zuerst auf verschiedene Weise zu Heu geworben und dann erst im Vakuum bei 98° in 3 Stunden ganz wasserfrei gemacht. Die folgende Behandlung war wie bei Gras Id (S. 17 und 18).

P_2O_5 nach den Verfahren 1—3 aus dem wässrigen Auszug erhalten und auf 100 g wasserfreies ursprüngliches Gras bezogen (S. 64 und 65).

Bezeichnung des Grases:	Ia %	Ib %	Ic %	Id %
1. Direkt nach Lorenz gefällt. . . .	0.507	0.575	0.699	0.431
Der Mo-Niederschlag gelöst und mit Zitratmagnesiamixtur gefällt . .	0.458	0.516	0.594	0.399
2. Direkt mit Zitratmagnesiamixtur gefällt	0.406	0.415	0.537	0.330
Das Pyrophosphat gelöst und nach Lorenz gefällt	0.393	0.398	0.553	0.335
3. Verascht und nach Lorenz gefällt .	0.637	0.656	0.749	0.574
4. Die Gesamtphosphorsäure der Grasproben	0.880	0.797	0.835	0.882

Aus diesen 4 Versuchen folgt mit Übereinstimmung:

1. Der gelbe Molybdänniederschlag scheint nicht ganz rein zu sein, denn sein Gewicht gibt etwas höhere Mengen anorganischer Phosphorsäure an, als nach seiner Lösung und nach Fällung mit Magnesiamixtur gefunden wird.

2. Die durch Molybdänfällung aus dem wässrigen Pflanzenextrakt ausfällbare Phosphorsäuremenge ist grösser, als die durch direkte Magnesiafällung ermittelte. Also muss beim Molybdänverfahren eine Spaltung organischer wasserlöslicher Phosphorverbindungen in anorganische Phosphorsäure oder eine Fällung organischer wasserlöslicher Phosphorverbindungen eingetreten sein.

3. Die direkte Fällung mit Zitratmagnesiamixtur gibt Resultate, die der im Glührückstand enthaltenen Phosphormenge entsprechen.

4. Im wässrigen Pflanzenextrakt befinden sich Phosphorverbindungen gelöst, die weder durch Magnesiamixtur noch durch Lorenzsche Molybdänfällung abgeschieden werden.

Ähnliche Ergebnisse fanden sich auch bei anderen Pflanzen.

Versuch: 6. November 1906.

Blätter von Beta vulgaris wurden von Stengel und Nerven möglichst befreit, mit absolutem Alkohol ausgekocht (125 g frische Blatteile 1 l Alkohol), mit Alkohol nachgewaschen, dann der Rest des Alkohols im Vakuum unter Erwärmen entfernt und der strohige Rückstand mit 1 l Wasser ausgeschüttelt.

Das Wasserextrakt enthielt Gramm P_2O_5 bezogen auf 100 g wasserfreie Blatteile:

1. Nach Lorenz . . . . . 0.455 %
2. Mit Zitratmagnesiamixtur . . . . . 0.240 „
3. Nach Veraschen . . . . . 0.553 „
4. Gesamtphosphorsäure der Blatteile betrug . 1.075 „

Nicht immer war der Unterschied zwischen dem Resultat aus der direkten Lorenzschen Fällung und dem Resultat aus der Zitratmagnesiamixturfällung so gross wie in obigem Falle.

Versuch:

Poterium offizinale (Spätsaat) am 29. Oktober 1906 geschnitten, frisch gewiegt und mit Alkohol ausgekocht gab im Wasserextrakt Gramm P_2O_5 bezogen auf 100 Trockenmasse:

1. Nach Lorenz . . . . . 0.478 %
2. Mit Zitratmagnesiamixtur . . . . . 0.380 „
3. Gesamtphosphorsäure von Poterium . . . 1.078 „

Versuch:

Eine Grasmischung wurde am 19. Mai 1908 geschnitten, frisch gewiegt, mit Alkohol wiederholt ausgekocht und der Rest des Extraktionsmittels im Vakuum unter Erhitzen vertrieben. Der strohige Rückstand wurde mit 2 l destilliertem Wasser versetzt und unter wiederholtem Umschütteln stehen gelassen.

Das Wasserextrakt enthielt Gramm P_2O_5 bezogen auf 100 Trockenmasse:

1. Direkt nach Lorenz gefällt . . . . . 0.329 %
   Der Lorenzsche Niederschlag gelöst und mit Zitratmagnesiamixtur gefällt . . . . . 0.321 „
2. Direkt mit Zitratmagnesiamixtur gefällt . . . . . 0.306 „
3. Nach dem Veraschen des Extrakts nach Lorenz . . . . . 0.400 „
4. Gesamtphosphorsäure der Grasmischung betrug. . . . . 0.90 „

Versuch: 6. November 1906.

Blätter von Beta vulgaris wurden von Stengel und Nerven möglichst befreit, wie oben beschrieben, aber vor dem Auskochen mit Alkohol erst 6 Tage in einem kühlen düstren Raum dem Welken überlassen.

Die Blätter begannen zu etiolieren.

Nach 6 Tagen wurde mit Alkohol wiederholt ausgekocht und der Rest des Extraktionsmittels durch Erwärmen im Vakuum entfernt. Der strohige Rückstand wurde mit 1 l Wasser ausgeschüttelt.

Das Wasserextrakt enthielt Gramm P_2O_5 bezogen auf 100 Trockenmasse:

1. Direkte Lorenzsche Fällung	0.754 %
Lorenzscher Niederschlag gelöst und mit Zitratmagnesiamixtur gefällt	0.736 „
2. Direkte Zitratmagnesiamixturfällung . . .	0.774 „
3. Wasserextrakt verascht und nach Lorenz gefällt	0.847 „
4. Gesamtphosphorsäure der Blatteile	1.075 „

Es war nun noch interessant zu wissen, ob sich von den in Wasser löslichen organischen Phosphorverbindungen, die weder durch Lorenzsche Lösung noch durch Zitratmagnesia gefällt wurden, durch längeres Kochen mit starken Säuren weitere Teile zur Fällung bringen lassen.

Zu diesem Zweck wurde das Wasserextrakt von Beta vulgaris (S. 19), das nach Lorenzscher Fällung 0.455 % P_2O_5 in anorganischer Form enthalten hatte, folgendermassen behandelt:

a) 50 ccm des Wasserextraktes wurden wie in allen vorhergehenden Fällen zum Kochen erhitzt, dann rasch mit 1 ccm konz. Schwefelsäure, 10 ccm konz. Salpetersäure und 50 ccm Lorenzscher Molybdänlösung versetzt, nach kurzem Stehen kräftig umgeschwenkt und 12 Stunden stehen gelassen.

b) 50 ccm des Wasserextraktes wurden mit 10 ccm konz. Salpetersäure versetzt und etwa $^1/_4$ Stunde im Kochen erhalten. Dann wurde etwas Wasser nachgefüllt, die wiederum kochende Lösung mit 1 ccm konz. Schwefelsäure und 50 ccm Lorenzscher Molybdänlösung versetzt und wie bei a weiter behandelt.

Es ergaben sich im Wasserextrakt Gramm P_2O_5 bezogen auf 100 Trockenmasse nach a) 0.455 %, b) 0.454 %.

Zum gleichen Ergebnis führten Versuche mit Poterium offizinale. Die Pflanzen wurden wie im vorhergehenden Versuch behandelt. Es ergaben sich im wässerigen Extrakt Gramm P_2O_5 bezogen auf 100 Trockenmasse nach a) 0.478 %, b) 0.480 %.

Also auch hier hatte längeres Kochen mit Salpetersäure keinen Einfluss auf die Menge der nach Lorenz fällbaren Phosphorsäure. Die aus Wasserextrakten von Futterpflanzen durch Zitratmagnesiamixtur nicht ausfällbaren Phosphorverbindungen bestehen also z. T. aus Verbindungen, die durch Erwärmen mit anorganischen Säuren Phosphorsäure abspalten. Durch längeres Kochen wird die Menge der abgespaltenen Phosphorsäure nicht

vermehrt. Die Abspaltung muss also leicht und rasch vor sich gehen. Daneben finden sich im Wasserextrakt aber auch Phosphorverbindungen, die weder durch Zitratmagnesiamixtur, noch durch Molybdänsäure gefällt werden und die auch bei längerem Kochen mit Salpetersäure keine Phosphorsäure abspalten.

Die erstgenannten Phosphorverbindungen gleichen in ihrem Verhalten gegen anorganische Säuren in der Wärme und in der Färbung des Molybdänniederschlages der Phytinsäure [Posternak ([46])].

Die anderen Phosphorverbindungen besitzen in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen kochende verdünnte Salpetersäure Ähnlichkeit mit der Glyzerinphosphorsäure, die, wie folgender Versuch zeigt, gegen Salpetersäure sehr beständig ist.

Versuch:

Von einer Lösung von glyzerinphosphorsaurem Kalk in Wasser wurden je 5 ccm, die 0.065 g P_2O_5 enthielten, folgendermassen behandelt.

1. 5 ccm wurden der Säuregemischveraschung unterworfen und die Phosphorsäure nach Lorenz bestimmt.
2. 5 ccm wurden mit Zitratmagnesiamixtur gefällt.
3. Je 5 ccm wurden (in Doppelausführung) mit steigenden Mengen konz. Salpetersäure versetzt und die eine Reihe sofort nach Lorenz gefällt (s. S. 17), die andere Reihe nach dem Salpetersäurezusatz erst 1 Stunde im schwachen Kochen erhalten, dann nach Lorenz gefällt. Während des 1 stündigen Kochens wurde durch wiederholte Wasserzugabe das Volumen gleich erhalten.

5 ccm Glyzerinphosphorsäurelösung enthielten Gramm P_2O_5.

1. Nach Säuregemischveraschung und Fällung nach Lorenz . . . . . 0.0651 %
2. Nach Zitratmagnesiamixturfällung . . . . . 0.0 „
3. Nach direkter Lorenzscher Fällung:

Gramm Salpetersäure in 100 ccm Flüssigkeit	9	18	45
Sofort gefällt	0.0003	0.0003	0.0007
Mit Salpetersäure erst 1 Stunde gekocht .	0.0011	0.0017	0.0038

Das waren, wenn man 0.065 gleich

100 setzt, sofort gefällt . . .	0.5 %	0.5 %	1.1 %
Nach 1stündigem Kochen gefällt	1.7 „	2.1 „	5.8 „

Also verschwindend kleine Mengen.

100 ccm einer nach Vorschrift nach LORENZ zu fällenden Lösung enthalten 20—40 g Salpetersäure.

Alle bisher angeführten Ammoniummagnesiumphosphatfällungen wurden nicht mit der gewöhnlichen Magnesiamixtur, sondern mit der Zitratmagnesiamixtur nach BOETTCHER ausgeführt. Diese Mixtur wird so hergestellt: 100 g Zitronensäure werden in 20 % Ammoniak gelöst und mit 20 % Ammoniak auf 500 ccm aufgefüllt. Diese Zitratlösuug wird mit 500 ccm einer Magnesiamixtur versetzt, die folgendermassen dargestellt wird: 28 g Chlormagnesia und 53 g Chlorammon werden mit 175 ccm konz. Ammoniak versetzt und mit Wasser auf 500 aufgefüllt.

Die zu fällende Flüssigkeit wird mit dem gleichen Volumen obiger Zitratmagnesiamixtur versetzt und umgerührt. Dann wird $^1/_3$ des Volumens 10 % Ammoniak zugesetzt und nochmals einige Minuten umgerührt und am besten 10—12 Stunden stehen gelassen. Dann wird filtriert, mit $2^1/_2$ % Ammoniak ausgewaschen, geglüht und gewogen. Dieses Verfahren wurde angewendet, weil es gegenüber der Fällung mit gewöhnlicher Magnesiamixtur einen grossen Vorteil hatte. Von Anfang an wurde getrachtet, die zuverlässige aber etwas umständliche Methode von SCHULZE ([58]) durch ein einfacheres Verfahren zu ersetzen. Die direkte Fällung wässriger Extrakte mit gewöhnlicher Magnesiamixtur und Ammoniak hatte nicht den gewünschten Erfolg. Es entstanden schleimige gefärbte voluminöse Niederschläge, die sich meist nur teilweise in verdünnter Salzsäure lösten und oft bei einer zweiten Fällung wenn auch in verminderter Menge wieder zum Vorschein kamen. Dagegen gab die Zitratmagnesiamixtur nach BOETTCHER gleich beim ersten Male eine reinweisse fein kristallinische Fällung, die sich leicht untersuchen und weiter behandeln liess.

Diese reinweisse kristallinische Fällung trat bei allen meinen Versuchen ein, ausser bei Poterium offizinale (S. 20), wo die erste Fällung nicht rein kristallinisch war, sondern auch einige Flocken enthielt. Nach Lösen in Salzsäure und Wiederfällen mit Zitratmagnesiamixtur erhielt man auch hier den reinweissen kristallinischen Niederschlag.

Es war nun zu untersuchen, ob der entstandene kristallinische Niederschlag wirklich von anorganischer Phosphorsäure herstammte. Von den organischen Phosphorsäureverbindungen gibt Glyzerinphosphorsäure, wie auf S. 22 gezeigt wurde, mit Zitratmagnesiamixtur keinen Niederschlag. Phytinsäure gibt nach Posternak ([46]) mit Magnesiamixtur amorphe Niederschläge und diese mögen auch in den voluminösen schleimigen Niederschlägen, die ich mit gewöhnlicher Magnesiamixtur erhielt, mit vorhanden gewesen sein. Alle Salze der Phytinsäure mit anorganischen Basen sind amorph mit Ausnahme des leichtlöslichen Calcium-Natriumdoppelsalzes ([46]).

Der weisse kristallinische Niederschlag der Zitratmagnesiafällung gab in verdünnter Salpetersäure gelöst mittels der Lorenzschen Fällung dieselbe P_2O_5-Menge als nach dem Glühen im Platintiegel.

Versuch:

Gras XVI, das, wie S. 80, 88, 94, 126 und 127 beschrieben, auf verschiedene Weise zur Trocknung gebracht worden war, wurde schliesslich 3 Stunden im Vakuum bei 98° getrocknet, zerschnitten, in der Schrotmühle gebrochen und in der Dreefschen Reibe staubfein zermahlen.

Je 25 g dieser Proben wurden mit Alkohol und Äther wiederholt ausgekocht, der Rest des letzten Extraktionsmittels im Vakuum unter Erwärmen vertrieben und der strohfarbige staubfeine Rückstand mit 1 l destilliertem Wasser übergossen, und unter einem Rückflusskühler eine halbe Stunde im kochenden Wasserbade erhitzt. Nach dem Abkühlen wurde wiederholt gut durchgeschüttelt und nach dem Absitzen mittels eines Faltenfilters filtriert. Vom Filtrat[1]) wurden aliquote Teile weiterbehandelt.

2 mal je 200 ccm wurden nach Boettcher (S. 23) mit Zitratmagnesia gefällt und in einem Falle der reinweisse kri-

[1]) Hier sei bemerkt, dass in diesem, wie in späteren Fällen, zum Schutze gegen Verdampfungsverluste lange Liebigsche Rückflusskühler verwendet wurden und dass die Kühlung durch starke Wasserströmung erzielt wurde. Die Kühler wurden oben mit dicken Wattebauschen geschlossen. Wiederholt wurden die Glaskolben vor und nach dem Auskochen gewogen und weder bei Wasser noch bei Alkohol oder Äther grössere Verluste als 0.5 auf 1000 Flüssigkeit bei Äther, 0.05 auf 1000 Flüssigkeit bei Alkohol und Wasser gefunden

stallinische Niederschlag abgesaugt, geglüht und gewogen, im andern Falle der mit 1 % Ammoniak ausgewaschene Niederschlag in 10 ccm 4 %iger Schwefelsäure gelöst und in einem aliquoten Teil der Lösung die Fällung nach LORENZ ausgeführt.

Es fanden sich Gramm P_2O_5 bezogen auf 100 g wasserfreien, ursprünglichen (S. 49 und 64) Grases:

Bezeichnung des Grases XVI:	a	c	d	e	f	g
1. Mit Zitratmagnesiamixtur gefällt, geglüht und gewogen .	0.379	0.393	0.404	0.343	0.339	0.296
2. Mit Zitratmagnesiamixtur gefällt, gelöst und nach LORENZ gefällt	0.396	0.402	0.415	0.363	0.366	0.295

Die Resultate zeigen hinreichende Übereinstimmung. Die LORENZschen Niederschläge waren sofort schön gelb und fein kristallinisch. Auch die refraktometrische Phosphorsäurebestimmung nach WAGNER ([92]) wurde bei obigen Extrakten angewendet, um festzustellen ob der durch Zitratmagnesiamixtur erhaltene weisse kristallinische Niederschlag ausschliesslich von anorganischer Phosphorsäure herrührt. Die Tabelle von WAGNER gibt für Niederschläge aus Zitratmagnesiamixtur, wie Kontrollversuche mit reinem Dinatriumphosphat zeigten, etwas zu hohe Resultate. Deshalb wurden durch Vergleichsversuche Korrekturen aufgestellt und nach ihnen die Refraktometerablesung bewertet.

Zur Kontrolle wurden aliquote Teile der refraktometrierten Lösung nach LORENZ gefällt (s. oben).

Die Wasserextrakte enthielten Gramm P_2O_5 bezogen auf 100 g wasserfreien ursprünglichen Grases:

Bezeichnung des Grases XVI:	a	c	d	e	f	g
Nach WAGNER refraktometriert .	0.395	0.408	0.395	0.346	0.326	0.321
Nach LORENZ gefällt	0.396	0.402	0.416	0.363	0.366	0.295

Auch hier tritt bei den beiden voneinander unabhängigen Methoden gute Übereinstimmung zutage.

Endlich wurden die Kristalle unter dem Mikroskop betrachtet und mit Kristallen verglichen, die aus Dinatriumphosphatlösungen von annähernd gleichem Phosphorsäuregehalt unter den gleichen Fällungsbedingungen erhalten worden waren.

Die mit Zitratmagnesiamixtur aus den wässrigen Pflanzen-Auszügen erhaltenen Kristalle glichen völlig den aus stark-

verdünnten Dinatriumphosphatlösungen unter gleichen Bedingungen erhaltenen Kristallen.

Auf Grund der vorhergehenden Untersuchungen scheinen folgende Schlüsse berechtigt:

1. Aus den wässrigen Extrakten von mit Alkohol extrahierten grünen Pflanzenteilen entsteht auf Zusatz von Zitratmagnesiamixtur — meist schon bei der ersten Fällung — ein reinweisser kristallinischer Niederschlag, der ausschliesslich von gelösten anorganischen Phosphaten herstammt (Bestimmung der wasserlöslichen anorganischen Phosphorsäure in grünen Pflanzenteilen).
2. Daneben befinden sich in den wässrigen Extrakten gelöst immer noch andere Phosphorverbindungen, die durch Zitratmagnesiamixtur nicht gefällt werden und vermutlich aus Phosphorsäure in organischer Bindung bestehen.
3. Ein Teil dieser organischen Phosphorverbindungen zerfällt leicht beim Erwärmen mit verdünnten Mineralsäuren und gleicht in dieser Eigenschaft und in der Farbe seines Molybdänniederschlages den Eigenschaften der von POSTERNAK ([45], [46]) untersuchten Phytinsäure. Diese Phosphorverbindungen lassen sich durch die Molybdänsäurefällung nach LORENZ feststellen (Bestimmung der phytinsäureähnlichen Phosphorverbindungen).
4. Daneben findet sich in den wässrigen Extrakten eine ganz beträchtliche Menge von Phosphorverbindungen, die weder durch Zitratmagnesiamixtur, noch durch LORENZsche Molybdänsäurelösung gefällt werden können und gegen Erwärmen mit verdünnten Mineralsäuren widerstandsfähig sind. Sie lassen sich nicht direkt ermitteln, sondern ergeben sich aus der Differenz der durch Veraschen des Wasserextraktes festgestellten Phosphorsäuremenge und der Summe der aus 1. und 3. erhaltenen Phosphorsäure.

   In der Widerstandsfähigkeit gegen heisse verdünnte Salpetersäure und in der Unfällbarkeit durch Zitratmagnesiamixtur und durch LORENZsche Molybdänsäurelösung gleichen diese Phosphorverbindungen der Glyzerinphosphorsäure (Bestimmung der glyzerinphosphorsäureähnlichen Phosphorverbindungen).

Die Differenz der gesamten im Wasserextrakt gelösten Phosphorverbindungen (berechnet als P_2O_5) und der in den-

selben Wasserextrakten gelösten anorganischen Phosphate wird im folgenden als wasserlösliche organische Phosphorsäure angesprochen.

2. Ermittelung der nur in angesäuertem Wasser löslichen Phosphorverbindungen.

Wenn man nach dem Auskochen und Ausschütteln mit Wasser den gründlich ausgewaschenen Pflanzenrückstand mit stark verdünnten anorganischen Säuren, z. B. mit $\frac{n}{2}$ Schwefelsäure, auskocht oder ausschüttelt, so erhält man nach dem Veraschen eines aliquoten Teiles des Extraktes meist noch kleine Mengen Phosphorsäure. Diese Phosphorsäure stammt von im Wasser unlöslichen, in verdünnten Säuren löslichen Phosphorverbindungen. Ob es sich hier um Erdalkaliphosphate oder um unlösliche Verbindungen der Phytinsäure oder um andere unlösliche Phosphorverbindungen handelt, wurde nicht weiter untersucht, weil die Lösung dieser Frage für das eigentliche Thema der Arbeit ohne Bedeutung war. Diese Phosphorverbindungen werden im folgenden als säurelösliche Phosphorverbindungen bezeichnet, im Gegensatz zu den wasserlöslichen.

Mit Hilfe der auf den vorhergehenden Seiten beschriebenen Methoden wurden frische Futterpflanzen, das daraus bereitete Heu, sowie Heu vom Stock untersucht und dabei gefunden:

In 100 g Trockenmasse der ursprünglichen Substanz waren Gramm P_2O_5 enthalten als

Bezeichnung der Substanz	Art oder Beschreibung der Trocknung	Gesamt-P_2O_5	Hiervon waren		Von dem wasserlöslichen P_2O_5 war		Von den organischen P_2O_5-Verbindungen war	
			in verdünnten Säuren lösliches P_2O_5	wasserlösliches P_2O_5	P_2O_5 aus anorganischen Verbindungen	P_2O_5 aus organischen Verbindungen	glyzerinphosphorsäureähnlich	phytinsäureähnlich
I. In frischen Pflanzen:								
Gras Id	frisch	0.882	0.015	0.574	0.330	0.244	0.143	0.101
„ XVI g	„	0.692	0.044	0.465	0.295	0.170	—	—
Beta vulgaris	„	1.075	0.032	0.553	0.240	0.313	0.098	0.215

Bezeichnung der Substanz	Art oder Beschreibung der Trocknung	Gesamt-P_2O_5	Hiervon waren		Von dem wasserlöslichen P_2O_5 war		Von den organischen P_2O_5-Verbindungen war	
			in verdünnten Säuren lösliches P_2O_5	wasserlösliches P_2O_5	P_2O_5 aus anorganischen Verbindungen	P_2O_5 aus organischen Verbindungen	glyzerinphosphorsäureähnlich	phytinsäureähnlich
II. In frischem Heu:								
Gras Ia	S. 78	0.880	0.017	0.637	0.406	0.231	0.130	0.101
„ Ib	„ 89	0.797	0.025	0.656	0.415	0.241	0.081	0.160
„ Ic	„ 91	0.835	0.030	0.749	0.537	0.212	0.050	0.162
„ XVIa	„ 126	0.711	0.067	0.517	0.396	0.121	—	—
„ XVIc	„ 127	0.696	0.084	0.540	0.402	0.138	—	—
„ XVId	„ 80	0.691	0.060	0.544	0.415	0.129	—	—
„ XVIe	„ 88	0.690	0.038	0.503	0.363	0.140	—	—
„ XVIf	„ 94	0.693	0.049	0.489	0.366	0.123	—	—
III. Heu vom Stock (gelagertes Heu):								
Heu C	S. 137	0.590	0.070	0.405	—	—	—	—
„ D	„ 137	0.603	0.065	0.425	—	—	—	—

Es ergaben sich also für frisches Gras, daraus frisch geworbenes Heu und für gutes und mittleres Stockheu folgende Durchschnittswerte. In 100 g wasserfreier Substanz waren enthalten als:

	Gesamt-P_2O_5	säurelösliche P_2O_5	wasserlösliche P_2O_5	wasserlösliche P_2O_5		organische wasserlösliche P_2O_5	
				in anorganischer Form	in organischer Form	glyzerinphosphorsäureähnlich	phytinsäureähnlich
in frischem Gras .	0.787	0.030	0.520	0.313	0.207	0.143	0.101
in frischem Heu .	0.749	0.046	0.579	0.413	0.167	0.087	0.141
in gelagertem Heu	0.597	0.068	0.415	—	—	—	—

Übereinstimmende Resultate waren bei Gras und Heu von verschiedener Herkunft und Behandlung natürlich nicht zu erwarten, doch zeigen die obigen Durchschnittswerte, dass sich die verschiedenen Phosphorsäureformen annähernd in den gleichen Ranggrössen halten: Die Gesamtphosphorsäure beträgt zwischen $^2/_3$—1 % (Mittel $^3/_4$ %) der Trockenmasse. Die gesamtwasserlösliche Phosphorsäure beträgt etwa $^2/_3$ der Gesamt-

phosphorsäure, oder etwa $^1/_2$ % der Trockenmasse. Die säurelösliche Phosphorsäure dagegen beträgt nur Hundertstel der Gesamtphosphorsäure. In anorganischer Form befinden sich ungefähr $^4/_6$ der wasserlöslichen Phosphorsäure, $^2/_6$ etwa befinden sich in organischer Form. Die anorganische wasserlösliche Phosphorsäure beträgt etwa $^3/_{10}$—$^4/_{10}$ %, die organische wasserlösliche Phosphorsäure etwa $^2/_{10}$ % der Trockenmasse. Glyzerinphosphorsäureähnliche und phytinsäureähnliche Phosphorverbindungen machen je etwa $^1/_{10}$ % der Trockenmasse aus. Setzt man in obiger Tabelle die Gesamtphosphorsäure gleich 100, so erhält man:

	Gesamt-P_2O_5	säurelösliche P_2O_5	wasserlösliche P_2O_5	wasserlösliche P_2O_5		organische wasserlösliche P_2O_5	
				in anorganischer Form	in organischer Form	glyzerinphosphorsäureähnlich	phytinsäureähnlich
in frischem Gras .	100	4	66	40	26	15	11
in frischem Heu .	100	6	77	55	22	9	13
in Stockheu . . .	100	11	70	—	—	—	—
Mittel:	100	7	71	48	24	12	12

Auch STUTZER ([84]) hat Untersuchungen über den Gehalt des Grases und Heues an Phosphor in organischer und in anorganischer Bindung angestellt. Zur Bestimmung der anorganischen Phosphorsäure hat STUTZER ([85]) die Methode von SCHULZE ([58]) dahin abgeändert, dass er das mit 1 % Salzsäure erhaltene Extrakt zwar mit Calciumchlorid und Ammoniak versetzt, aber den nunmehr entstandenen Niederschlag nicht mit Ammonzitrat auszieht, sondern den Niederschlag in verdünnter Salpetersäure löst und durch Molybdänsäure fällt. STUTZER begibt sich hier eines Vorteils, den die SCHULZEsche Methode hat. In dem durch Calciumchlorid und Ammoniak entstandenen Niederschlag ist auch die durch Salzsäure gelöste Phytinsäure als Calciumsalz vorhanden. Ob dies Salz durch Ammonzitrat leicht gelöst wird, weiss ich nicht. Aber auch wenn es gelöst wird, so haben doch die vorhergehenden Versuche gezeigt, dass die Phytinsäure in reichlich zitratammonhaltiger Lösung durch

Magnesiamixtur und Ammoniak nicht gefällt wird. SCHULZE hat daher in seinem Niederschlag keine phytinsauren Salze, während STUTZER durch die Behandlung mit verdünnter Salpetersäure die Phytinsäure wieder in Lösung bringt und aus ihr bei dem zur Molybdänfällung nötigen Erwärmen anorganische Phosphorsäure abspaltet.

Daher findet auch STUTZER in den Vergleichsversuchen zwischen seiner Methode und der Methode von SCHULZE in allen den Fällen, wo andere Forscher [SCHULZE ([58]), SUZUKI und YOSHIMURA ([89]), SUZUKI, YOSHIMURA und TAKAISHI ([88])] die Abwesenheit von anorganischen Phosphaten und die Gegenwart von Phytinsäure festgestellt haben, nach seiner Methode anorganische Phosphorsäure, nach SCHULZES Methode aber keine, oder nur Spuren.

Das gleiche gilt für seine Bestimmungen der anorganischen Phosphorsäure im Wiesenheu.

Absolut genommen sind die Mengen an Gesamtphosphorsäure, an anorganischer und an organisch gebundener Phosphorsäure bedeutend geringer als in allen meinen Fällen. Das ist in Anbetracht des verschiedenen Bodens, dem das Heu entstammt, nicht verwunderlich.

Bezieht man dagegen die Mengen des anorganischen und des organisch gebundenen Phosphors auf den zugehörigen Gesamtphosphor gleich 100, so erhält man aus STUTZERS Zahlen:

Wiesenheu . . . . . Nr.	1	2	3	4	5
Gesamtphosphor	100	100	100	100	100
Phosphor in anorganischer Bindung	47	56	65	61	59
Phosphor in anorganischer Bindung	im Mittel: 58				
Meine Versuche ergaben .	im Mittel: 48 (s. S. 29).				

Bei STUTZER sind also um . . . . . 10 % der Gesamtphosphorsäure mehr als anorganische Phosphorsäure enthalten, als in meinen Fällen, das ist ungefähr ebensoviel, als in meinen Fällen die phytinsäureähnliche Phosphorsäure ausmacht.

Das Gras und ebenso das Heu enthalten $^1/_3$—$^1/_2$ — in der Regel ungefähr die Hälfte — ihrer Gesamtphosphorsäure in Form von anorganischer Phosphorsäure und der Satz in KELLNERS Lehrbuch ([25]), dass in normal gewachsenen nicht etiolierten Pflanzen sich die Hauptmenge des Phosphors in organischen Verbindungen vorfindet, wäre in diesem Sinne zu erweitern.

3. Lecithinbestimmung.

(Bestimmung der Phosphatide.)

Von den bekannten Lecithinbestimmungsmethoden wurde die von E. Schulze ausgearbeitete und von ihm und seinen Schülern jahrelang ausgeprobte Methode ([55], [57], [64], [68]) zu Beginn der vorliegenden Untersuchungen verwendet. Die Ausführung dieser Methode ([52], [60]) ist folgende:

Von der mit Hilfe einer Dreefschen Reibe so fein wie möglich zerriebenen Substanz werden ungefähr 10—15 g durch Austrocknen von Wasser befreit und in einer Papierhülse im Soxhletschen Extraktionsapparat mit wasserfreiem über Natrium rektifiziertem Äther extrahiert. Nach Beendigung der Extraktion wird die Substanz und die Hülse über konzentrierter Schwefelsäure von den Ätherresten befreit. Dann wird die Substanz in einem erwärmten Porzellanmörser zerrieben und Substanz und Hülse in einen Erlenmeyerkolben gebracht und eine Stunde lang mit 100—120 ccm absolutem Alkohol ausgekocht. Nach dem Abfiltrieren wird das einstündige Auskochen mit absolutem Alkohol wiederholt. Nun wird nochmals filtriert, Substanz und Hülse auf das Filter gebracht und alles mit Alkohol wiederholt ausgewaschen. (Es erwies sich als praktisch, die Hülse vor dem Auskochen mit Alkohol zu zerstückeln). Dann werden die Alkohol- und Ätherextrakte in einer Platinschale durch Abdampfen vereinigt und der Verdampfungsrückstand unter Zusatz von Soda und Salpeter verascht. Die Phosphorsäurebestimmung in der Asche erfolgt nach der Molybdänsäuremethode.

Da die Ausführung dieser Bestimmung viel Zeit in Anspruch nahm, ausserdem das Abdampfen der Alkohol- und Ätherextrakte aus Platinschalen mit Unzuträglichkeiten verbunden war, so wurde versucht, die „Lecithin"-Menge auf andere Weise festzustellen:

20—30 g der in der Dreefschen Reibe feinst zerriebenen Substanz wurden im Vakuum bei 98° getrocknet und mit 1—2 l absolutem Alkohol in einem Rundkolben, wie er bei dem Vakuumverdampfapparat nach Soxhlet ([71]) verwendet wird, unter gutkühlendem Rückflusskühler 1 Stunde lang zum Kochen erhitzt. Alkoholverluste treten hierbei, wie schon S. 24 erwähnt wurde, nur in ganz unbedeutenden Mengen auf. Nach

dem Abkühlen wird durch ein Faltenfilter filtriert und in einem aliquoten Teil des klaren Filtrates die Phosphorsäure folgendermassen bestimmt. Der aliquote Teil wird in einem Kjeldahlkolben in dem S. 59 bis 61 beschriebenen Apparat abgedampft. Der Rückstand wird im Kjeldahlkolben mit Säuregemisch verascht und das P_2O_5 nach LORENZ bestimmt (S. 56).

Zum Vergleich beider Methoden diente ein im Vakuum bei 98° getrocknetes frisches Gras und käufliches gelagertes Heu, beides in feinster Zerreibung und in wasserfreiem Zustand.

Es fanden sich in 100 g Trockenmasse Gramm P_2O_5 in alkohollöslicher Form:

	im Gras	im Heu
nach der Methode von SCHULZE .	0.089	0.019
nach der eigenen Methode . . .	0.090	0.017
	+ 0.001	— 0.002.

Die beiden Methoden ergeben also übereinstimmende Resultate hinsichtlich des in absolutem Alkohol löslichen P_2O_5. Da es sich in vorliegender Arbeit um den Vergleich von Stoffen in frischen Grünfuttermitteln und in dem daraus bereiteten Dürrheu handelt, so war es unter Umständen wünschenswert, jede Art von Trocknung zu umgehen. Für die „Lecithin"-Bestimmung schien durch die neue Methode diese Möglichkeit gegeben. Freilich konnte man bei frischen Pflanzenteilen eine staubfeine Verteilung nicht erreichen und musste sich damit begnügen, die Pflanzenteile aufs feinste zu zerwiegen.

Zum Versuch diente dasselbe Gras wie oben, aber in frischem, ungetrocknetem Zustand. Ein Teil des Grases wurde sofort nach dem Schnitt gewogen (139.5 g), mit einem Küchenwiegmesser aufs feinste zerwiegt, in einem Glaskolben mit 1.5 l absolutem Alkohol übergossen, unter dem Rückflusskühler 1 Stunde im Kochen erhalten und im übrigen wie oben verfahren.

Es fanden sich in 100 g Trockenmasse Gramm P_2O_5 in alkohollöslicher Form:

Vakuumtrockenes Gras, Methode nach SCHULZE	0.089
Vakuumtrockenes Gras, eigene Methode	0.090
Frisches Gras, eigene Methode	0.117

Erwartet hatte man eine geringere Menge infolge der gröberen Zerteilung des Grases. Statt dessen war ein grösserer Gehalt an alkohollöslichem P_2O_5 festgestellt worden, entweder weil beim Trocknen im Vakuum bei 98° alkohollösliche Phosphorver-

bindungen unlöslich werden, oder weil wasserhaltiger Alkohol (in diesem Fall 94 Gewichtsprozent) mehr Phosphorverbindungen löst als absoluter.

Dass nur diese beiden Möglichkeiten in Frage kamen und nicht vielleicht andere Mängel, die der neuen Methode innewohnen, zeigte eine weitere Vergleichsbestimmung der neuen Methode mit der Methode von SCHULZE.

Als Versuchsmaterial diente Bockshornklee (Trigonella Foenum Graecum). Das Material wurde aufs feinste zerwiegt und dann folgendermassen behandelt:

Die Ausführung der neuen Methode geschah wie oben beschrieben, die SCHULZEsche Methode wurde so abgeändert, dass gleiche Mengen frischer, feinst zerwiegter Pflanzenteile wie beim Vergleichsversuch verwendet und auch mit derselben Menge absolutem Alkohol ausgekocht wurden. Dann wurde abfiltriert, der Filterrückstand wieder mit einer hinreichenden Menge Alkohol ausgekocht und der gutgetrocknete Rest mit wasserfreiem Äther extrahiert. Die Alkohol- und Ätherextrakte wurden durch Eindampfen vereinigt und die Phosphorbestimmung wie oben ausgeführt.

Es fanden sich in 100 g Trockenmasse Gramm P_2O_5:

	bei Bockshornklee
nach SCHULZES abgeänderter Methode	0.095
nach der eigenen Methode	0.097
Differenz:	+ 0.002.

Also geben auch bei wasserhaltigen Substanzen die beiden Methoden übereinstimmende Resultate und es schien berechtigt, für die folgenden Versuche nur mehr das einfachere neue Verfahren in Anwendung zu bringen.

Um nun die Wirkung von Alkohol mit verschiedenem Wassergehalt auf die Menge des darin löslichen P_2O_5 zu untersuchen, wurde gelagertes Heu zerschnitten, im Vakuum bei 98° getrocknet und mit Alkohol von verschiedener Konzentration ausgekocht.

Von 100 g vakuumtrockenem Heu gingen in Lösung:

bei Alkohol mit Gewichtsprozent	Gramm P_2O_5
absolut	0.003
98	0.006
91	0.019
89	0.019
88	0.019

Die Steigerung des Wassergehaltes brachte also eine Steigerung der in Alkohol löslichen Phosphorverbindungen; zwischen 91 und 88 gewichtsprozentigem Alkohol bestand jedoch kein Unterschied. Zu den gleichen Zahlen gelangte man, wenn man die Substanz zuerst mit absolutem, dann mit wasserhaltigem Alkohol extrahierte und die Mengen der durch beide Extraktionsmittel gewonnenen P_2O_5 zusammenzählte.

Versuch:

Eine Probe des feinzerschnittenen vakuumtrockenen Heues wurde zuerst mit absolutem Alkohol ausgekocht. Nach dem Abkühlen wurde filtriert, das Filtrat gemessen und die mit dem Alkoholrest im Heu zurückbleibende P_2O_5-menge nach dem S. 63 beschriebenen Verfahren für die Auskochung mit wasserhaltigem Alkohol in Rechnung gestellt. Dann wurde der Rest des absoluten Alkohols durch Evakuieren im Vakuumverdampfapparat nach SOXHLET auf dem Wasserbad vertrieben und die trockene strohfarbige Heusubstanz mit 91 % Alkohol ausgekocht.

Eine andere Probe des feinst zerschnittenen vakuumtrockenen Heues wurde sofort mit 91 % Alkohol ausgekocht.

100 g wasserfreies Heu enthielten Gramm P_2O_5 löslich in

absolutem Alkohol . . . . 0.004, darnach in
91 % Alkohol . . . . . 0.015, demnach in beiden Extrakten
zusammen: 0.019.

100 g wasserfreies Heu, sofort mit 91 % Alkohol ausgekocht, enthielt löslich in

91 % Alkohol . . . . . 0.018 g P_2O_5.

Das gleiche zeigte sich bei einer anderen Probe von gelagertem Heu (G).

100 g wasserfreies Heu enthielten Gramm P_2O_5 löslich in

absolutem Alkohol . . . . 0.018, darnach in
90 % Alkohol . . . . . 0.015, demnach in beiden Extrakten
zusammen: 0.033.

100 g wasserfreies Heu, sofort mit 90 % Alkohol ausgekocht, enthielten löslich in

90 % Alkohol . . . . . 0.031 g P_2O_5.

Demnach sind in dem Extrakt mit wasserhaltigem Alkohol sowohl die in absolutem, als auch die nur in verdünntem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen vorhanden. Es war anzunehmen, dass diese nur in verdünntem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen nach dem Abdampfen des wasserhaltigen Alkohols

in absolutem Alkohol wieder unlöslich sind und dass auf diese Weise ein Weg offen steht, auch aus wasserhaltigen Substanzen rasch die nur in absolutem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen zu gewinnen.

Versuch:

Zum Versuch diente Wiesengras Id, das nach dem Schnitte sofort im Vakuum 3 Stunden lang bei 98° getrocknet wurde. Das trockene Gras wurde auf der DREEFschen Reibe staubfein zermahlen und dann nochmals im Vakuum bei 98° getrocknet. Dann wurde das Pulver zur Entfernung der in absolutem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen mit absolutem Alkohol ausgekocht und mit Äther nachgewaschen. Dieses Nachwaschen geschah deshalb, um fettartige Stoffe, die Phosphorverbindungen mit in Lösung nehmen konnten, zu entfernen. Der Rest des Äthers wurde im Vakuum unter Erwärmen entfernt und die strohfarbige Substanz mit 90 % Alkohol ausgekocht. Vom Filtrat wurde ein aliquoter Teil im Kjeldahlkolben eingedampft und verascht (wie S. 32 beschrieben), ein anderer Teil wurde zuerst auf dem Wasserbade mit Quarzsand zur Trockne eingedampft und die krümelige Masse dann mit kleinen Portionen Alkohol wiederholt ausgewaschen, die Waschflüssigkeiten filtriert und das klare Filtrat im Kjeldahlkolben eingedampft und mit Säuregemisch verascht.

Es fanden sich in 100 g wasserfreier Substanz nach Entfernung des in absolutem Alkohol löslichen Teils der Phosphorsäureverbindungen noch Gramm P_2O_5:

90 % Alkohol . . . . 0.056, hiervon nach Abdampfen löslich in absolutem Alkohol . . 0.039, also über $^2/_3$ der in verdünntem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen.

Das gleiche Ergebnis hatten weitere Versuche, die mit verschieden gewonnenem frischem Heu angestellt wurden. Der Untersuchungsweg war derselbe wie im vorher beschriebenen Versuch.

Die Heuproben stammten vom gleichen Platz wie das frische Gras Id und trugen die Bezeichnung Ia, Ib, Ic.

Es fanden sich in 100 g wasserfreier feinst zerriebener Substanz nach Entfernung des in absolutem Alkohol löslichen Teiles der Phosphorverbindungen noch Gramm P_2O_5:

	Ia	Ib	Ic
löslich in 90 % Alkohol	0.048	0.042	0.035
hiervon nach Abdampfen löslich in absolutem Alkohol	0.036	0.030	0.025
Also	75 %	70 %	71 %

der in verdünntem Alkohol löslichen Phosphorsäure waren in absolutem Alkohol löslich.

Auf diese Weise war also eine Abscheidung der aus „Lecithin" stammenden Phosphorsäure von der vermeintlichen Verunreinigung nicht möglich. Als Grund konnte man vermuten, dass die Entfernung des Wassers beim Abdampfen auf dem Wasserbad eine unvollkommene sei, und dass infolgedessen die nur in verdünntem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen mit den Wasserresten in die ersten Portionen des absoluten Alkohols übergehen.

Um diese Möglichkeit auszuschliessen und aus dem Rückstand der Auskochung mit wasserhaltigem Alkohol nur diejenigen P_2O_5-Mengen zu erhalten, die vom „Lecithin" herstammen, wurde an Stelle von absolutem Alkohol ein anderes Lecithinlösungsmittel angewandt, das nach allgemeiner Erfahrung [z. B. auch SCHULZE ([53])] den Vorzug hat, bei Anwesenheit von Spuren von Wasser eher zu wenig als zuviel von lecithinähnlichen Substanzen in Lösung zu bringen, nämlich Äther.

Verfahren wurde in der auf S. 35 beschriebenen Weise. Die im Vakuum bei 98° getrocknete feinst zerriebene Substanz wurde zur Entfernung der in absolutem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen mit absolutem Alkohol ausgekocht, nach dem Abkühlen und Abfiltrieren das Filtrat gemessen und das P_2O_5 bestimmt. Die mit dem Alkoholrest zurückbleibende P_2O_5-Menge wurde in der auf S. 63 beschriebenen Weise in Rechnung gestellt. Dann wurde mit wasserfreiem Äther nachgewaschen, der Rest des Äthers auf dem Wasserbad im Vakuum verjagt und die strohfarbige Substanz mit 90 % Alkohol ausgekocht. Vom Filtrat wurde ein aliquoter Teil im Kjeldahlkolben eingedampft und verascht, ein anderer Teil auf dem Wasserbade mit Quarzsand zur Trockne eingedampft. Die krümelige Masse wurde nach dem Abkühlen mit kleinen Portionen wasserfreiem Äther zerrieben, die Ätherlösungen durch ein kleines Faltenfilter filtriert und das klare Filtrat im Kjeldahlkolben eingedampft, verascht und das P_2O_5 nach LORENZ be-

stimmt. Es war zu erwarten, dass sich in diesem Fall keine in Äther lösliche Phosphorverbindung finden werde, zumal die Substanz ja nach der Auskochung mit absolutem Alkohol mit wasserfreiem Äther nachgewaschen worden war. Es zeigte sich aber das Gegenteil.

Versuch:

Gras Id, frisch, im Vakuum getrocknet, feinst zerrieben. 100 g Trockenmasse enthielten nach dem Auskochen in absolutem Alkohol und nach dem Nachwaschen mit wasserfreiem Äther Gramm P_2O_5:

löslich in 90 % Alkohol . . . 0.056, davon
löslich in wasserfreiem Äther . 0.037,
also . . . . . 66 % des in wasserhaltigem Alkohol löslichen P_2O_5.

Ähnliche Ergebnisse erhielt ich auch bei einer anderen frischen Grassorte, bei frischem Heu und bei gelagertem Heu.

Die prozentische Menge der aus dem Rückstand des 90 %igen Alkoholextraktes in wasserfreiem Äther löslichen Phosphorverbindungen war zwar Schwankungen unterworfen, je nach der Herkunft des Futtermittels und der Gewinnung des Rauhfutters, aber immer fanden sich nach dem Auskochen mit absolutem Alkohol und nach dem Nachwaschen mit wasserfreiem Äther Phosphorverbindungen, die in wasserhaltigem (89—92 Gewichtsprozent) Alkohol löslich waren und aus dem trockenen Rückstand in wasserfreien Äther übergingen.

Für die Versuche diente:

Gras Ia, rasch an der Sonne zu Heu gemacht,

Gras Ib, langsam im Schatten zu Heu gemacht,

Gras Ic, Heuwerbung im Schatten noch mehr verzögert als bei Gras Ib,

Gras XIV, frisch, gleich nach dem Schnitt im Vakuum bei 98° getrocknet.

Käufliches Heu, gelagert, im Vakuum getrocknet.

Alle Proben waren wasserfrei und staubfein gemahlen. 100 g der wasserfreien staubfeinen Substanz enthielten nach dem Auskochen mit absolutem Alkohol und nach Nachwaschen mit Äther Gramm P_2O_5 löslich in:

	90% Alkohol	hiervon lösl. in Äther	d. i. Prozent des in 90% Alkohol lösl. P_2O_5
Gras Id	0.056	0.037	= 66
„ XIV . . .	0.049	0.030	= 61
„ Ia	0.048	0.030	= 61
„ Ib	0.042	0.010	= 24
„ Ic	0.035	0.008	= 24
Heu I	0.014	0.009	= 66

Es löste sich also in allen Fällen nach dem Auskochen mit absolutem Alkohol und Nachwaschen mit Äther ein Teil der in verdünntem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen nach dem Abdampfen des verdünnten Alkohols in wasserfreiem Äther.

Es wurde bei Gras Ia—d und bei dem Heu nun noch untersucht, ob sich Phosphorverbindungen nach dem Auskochen mit absolutem Alkohol in dem Rückstand in ätherlöslicher Form vorfinden, was eigentlich zu erwarten war, da ja ein Teil der darnach mit verdünntem Alkohol extrahierten Phosphorverbindungen sich in wasserfreiem Äther löst.

Es fanden sich in 100 g wasserfreier Substanz nach dem Auskochen mit absolutem Alkohol

	Gramm P_2O_5 löslich in wasserfreiem Äther
Gras Id	0.006
„ Ia	Spur
„ Ib	nichts
„ Ic	„
Heu I.	„

Diese Beobachtung bestätigte sich an weiteren 15 Fällen mit Gras XVf, Gras XVIa mit g, Gras XVIIb, e, f, g, Heu II, Heu C, D.

Bei Gras, das sofort im Vakuum getrocknet war, fanden sich nach dem Entfernen der in absolutem Alkohol löslichen Phosphorsäuren stets kleine Mengen ätherlöslicher Phosphorverbindungen, so bei

Gras XVf	0.001
„ XVIg	0.004
„ XVII	Spuren,

bei den zu Heu geworbenen Gräsern und bei gelagertem Heu fanden sich nur Spuren oder nichts.

Jedenfalls stehen diese verschwindenden Mengen von ätherlöslichen Phosphorverbindungen in keinem Zusammenhang

mit den immerhin beträchtlichen Mengen von Phosphorverbindungen, die nach dem Auskochen mit absolutem Alkohol und Nachwaschen mit wasserfreiem Äther aus der strohfarbigen Substanz durch wasserhaltigen Alkohol ausgezogen werden, und die aus dem Rückstand des alkoholischen Extraktes in wasserfreien Äther übergehen.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass sich in dem im Vakuum bei 98° getrockneten (wasserfreien) Gras eine Phosphorverbindung befindet, die in absolutem Alkohol und in wasserfreiem Äther unlöslich ist, aber mit verdünntem (90 gewichtsprozentigem) Alkohol in Lösung geht.

Aus dem Rückstande dieser Lösung lässt sich ein Teil der früher in absolutem Alkohol und wasserfreiem Äther unlöslichen Phosphorverbindung durch wasserfreien Äther, ein etwas grösserer Teil durch absoluten Alkohol ausziehen.

Zur Veranschaulichung seien die S. 35—38 angeführten Untersuchungsresultate hier nochmals zusammengestellt.

100 g wasserfreie feinst zerriebene Substanz enthielten nach dem Auskochen mit absolutem Alkohol und Nachwaschen mit wasserfreiem Äther Gramm P_2O_5:

	löslich in 90 % Alkohol	hiervon löslich in absolut. Alkohol %	hiervon löslich in wasserfreiem Äther %
Gras Id	0.056	70	66
„ Ia	0.048	75	61
„ Ib	0.042	71	24
„ Ic	0.035	71	24

Von dem nur durch verdünnten Alkohol ausziehbaren Teil der Phosphorverbindungen löst sich (bei der gleichen Grasart) ungefähr die gleiche Menge in absolutem Alkohol, dagegen wechselnde Mengen in wasserfreiem Äther, und zwar steht diese verschiedene Löslichkeit im Zusammenhang mit den Vorgängen bei der Heuwerbung, indem sich von dem frischen sofort im Vakuum getrockneten Gras am meisten löst, ebenso von dem ohne Lecithinverlust getrockneten (S. 129) Gras Ia, während die mit Lecithinverlust getrockneten Proben Gras Ib und Ic (S. 129 und 130) eine geringere Löslichkeit der mit verdünntem Alkohol ausgezogenen Phosphorverbindungen in Äther aufweisen.

Es handelt sich hier um organische alkoholische Phosphorverbindungen. Diese früher als Lecithin bezeichneten Verbindungen sollen nach THUDICHUM ([91]) durch Wasserentziehung (Trocknen der Substanz durch Hitze, Kochen mit Alkohol) ihre Löslichkeit in absolutem Alkohol, ja selbst in Äther zum Teil verlieren, bei Anwesenheit von Wasser aber in Alkohol wieder löslich werden. Diese Phosphorverbindungen scheinen bei ungünstigen Verhältnissen bei der Heuwerbung Umsetzungen zu erleiden, die sich dadurch äussern, dass ein Teil von ihnen in Äther nicht mehr löslich ist.

Da Äther ein schärferes Trennungsvermögen für diese Phosphorverbindungen erwiesen hatte als absoluter Alkohol, so war zu vermuten, dass andere „Lecithin"-Lösungsmittel vielleicht weitere Trennungen ermöglichen. Von solchen wurden mit Äther verglichen: Chloroform, Benzol und Benzin.

Versuch:

Gras XII (316 g) wurde frisch fein zerwiegt, mit 2 l absolutem Alkohol übergossen und 1 Stunde gekocht. Nach den S. 34 mitgeteilten Erfahrungen sind in dem wasserhaltigen (87 %) Alkoholextrakt sowohl die in absolutem, als auch die nur in verdünntem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen gelöst. In einem aliquoten Teil des Extraktes wurden durch Eindampfen und Veraschen die in wasserhaltigem Alkohol löslichen Phosphorverbindungen bestimmt. Andere aliquote Teile wurden auf dem Wasserbade abgedampft und die trockenen Rückstände mit wasserfreiem Äther, Chloroform, Benzin und Benzol ausgezogen. Die klaren Filtrate wurden in dem S. 59 und 60 beschriebenen Apparate abgedampft und das P_2O_5 wie auf S. 56 angeführt ist, bestimmt.

Bezogen auf 100 g wasserfreien Grases waren enthalten Gramm P_2O_5:

löslich in 87 % Alkohol	0.155
hiervon löslich in Benzin	0.129
„ „ „ Äther	0.129
„ „ „ Chloroform	0.130
„ „ „ Benzol	0.131

Hinsichtlich der praktischen Ausführung sei erwähnt, dass die Behandlung mit Äther weit weniger Schwierigkeiten verursachte, als die Behandlung mit den übrigen Lösungsmitteln.

Aus obigen Versuchen geht hervor, dass die verschiedenen „Lecithin"-Lösungsmittel aus dem Rückstand des wasserhaltigen Alkoholextraktes gleiche Mengen von Phosphorverbindungen ausgezogen haben und wie man annehmen muss, dieselben Verbindungen. Denn es ist nicht einzusehen, wie von vier verschiedenen Lösungsmitteln aus demselben Rückstand jedesmal die gleiche Menge Phosphor ausgezogen werden kann, wenn das eine Lösungsmittel gewisse, das andere aber andere Phosphorverbindungen in Lösung bringt.

Die angewendeten Lösungsmittel sind spezifische Lösungsmittel für die Gruppe der Fette und fettähnlichen Verbindungen. Die von ihnen gelösten Phosphorverbindungen müssen also zu der Klasse von Phosphorverbindungen gehören, welche durch Löslichkeit in Fettextraktionsmitteln ausgezeichnet ist, nämlich zur Klasse der Lecithine. Unter dem Namen Lecithine fasste man früher alle in Äther und Alkohol löslichen organischen Phosphorverbindungen zusammen (s. WINTERSTEIN [96]). Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen zeigten aber, dass einerseits in Alkohol und Äther auch organische Phosphorverbindungen löslich sind, welche nicht die Spaltungsprodukte des Lecithins geben, dass andererseits Verbindungen, die als Lecithine angesprochen werden müssen, unter Umständen ([69]) in Alkohol unlöslich sein können ([62], [63], [70]), endlich, dass Phosphorverbindungen existieren, die neben den Spaltungsprodukten des Lecithins noch andere Körper (Zucker) enthalten. Diesen erweiterten Kenntnissen suchte man dadurch Rechnung zu tragen, dass man nach THUDICHUMS ([90]) Vorgang für die bisherige Bezeichnung Lecithine die Bezeichnung Phosphatide einführte. Unter Phosphatiden versteht THUDICHUM (l. c.) „eine Gruppe phosphorhaltiger Körper, deren Glieder die Eigenschaft gemein haben, dass sie Phosphor in der Form von Phosphorsäure und daneben wenigstens drei, häufig vier, zuweilen fünf weitere Elemente, und diese hauptsächlich in der Form von zwei bis fünf organischen, zusammengesetzten Radikalen enthalten" usw. Die Bezeichnung Phosphatide gründet sich also auf die Kenntnis der chemischen Konstitution organischer Phosphorverbindungen. Über die chemische Konstitution der in den grünen Teilen der Pflanze vorkommenden Phosphatide weiss man sehr wenig ([97], [98], [99]). Die quantitative Bestimmung beruht nach wie vor auf der sehr unsicheren Trennung durch bestimmte Lösungsmittel.

Deshalb konnte ich mich nicht entschliessen, die Sammelbezeichnung Lecithin mit dem auf Kenntnis der chemischen Konstitution beruhenden Begriff Phosphatide zu vertauschen. Ich behalte also in vorliegender Arbeit die alte Bezeichnung Lecithin bei und verstehe unter Lecithinphosphorsäure (Lecithin-P_2O_5) den Teil der Phosphorsäure, welchen man erhält, wenn man den aus grünen Pflanzenteilen gewonnenen 88—92 Gewichtsprozent Alkoholextrakt eindampft, mit Äther auszieht und in dem Ätherrückstand nach Veraschen die Phosphorsäure bestimmt. Die Extraktion des Alkoholextraktrückstandes mit Äther darf nicht unterlassen werden, denn im Gegensatz zu den Beobachtungen Schulzes ([56], [67]), der bei Samen den in absolutem Alkohol löslichen Teil der Phosphorverbindungen auch löslich im Äther fand, habe ich sowohl in wasserfreien, als auch in wasserhaltigen Alkoholextrakten aus grünen Teilen von Pflanzen stets mehr Phosphorverbindungen gefunden, als in den aus dem Alkoholrückstand gewonnenen Ätherextrakten. Der Unterschied betrug 10—20 % der alkohollöslichen Phosphorsäure.

Auf Grund der angeführtan Beobachtung hätten sich nun vergleichende Untersuchungen über die Veränderungen des Lecithingehaltes bei der Heuwerbung folgendermassen ausführen lassen:

Das frische, möglichst zerkleinerte wasserhaltige Gras wird mit absolutem Alkohol gekocht, das Extrakt eingedampft, mit wasserfreiem Äther aufgenommen und im Ätherextrakt nach dem Eindampfen und Veraschen die Phosphorsäure bestimmt; ferner das aus demselben Gras bereitete Heu so fein wie das Gras zerkleinert, mit wasserhaltigem Alkohol von entsprechender Konzentration ausgekocht und mit dem Extrakt wie beim Gras verfahren. Bei Untersuchungen, die in diesem Sinne ausgeführt wurden, zeigte sich jedoch, dass die Menge der durch Kochen mit wasserhaltigem Alkohol aus Heu ausziehbaren Phosphorsäure mit dem Grade der Feinheit des Materials schwankt.

Versuche sollten die Grösse dieser Schwankungen klarstellen. Frisches Gras wurde fein geschnitten und ein Teil mit absolutem Alkohol gekocht. Der schliessliche Gehalt des Extraktes an Alkohol war 93 Gewichtsprozent. Dasselbe feingeschnittene Gras wurde im Vakuum 3 Stunden bei 98° getrocknet und nicht weiter zerkleinert.

Als dritte Probe wurde ein Teil des im Vakuum getrockneten Grases überdies auch noch staubfein gemahlen. Aus dieser Probe wurden, wie die nachstehende Tabelle zeigt, die höchsten Mengen sowohl an alkohollöslicher als auch an ätherlöslicher Phosphorsäure erhalten.

a) In wasserhaltigem Alkohol lösliches P_2O_5 bezogen auf 100 g Trockensubstanz:

Zustand	geschnitten	staubfein gemahlen
frisch	0.1165	—
vakuumtrocken .	0.1065	0.1425

b) Ätherlöslicher Teil des in wasserhaltigem Alkohol löslichen P_2O_5 bezogen auf 100 g Trockensubstanz:

frisch	0.0955	—
vakuumtrocken .	0.0880	0.1200

Ferner wurde ein gekauftes gutes Heu fein geschnitten und davon ein Teil grob gemahlen, ein Teil staubfein gemahlen. Jede Probe wurde im Vakuum bei 98° 3 Stunden getrocknet. Zur Extraktion wurde vergleichsweise absoluter und 90 %iger Alkohol verwendet.

a) Absoluter Alkohol.

α) Alkohollösliches P_2O_5 bezogen auf 100 g Trockensubstanz:

	geschnitten	grob gemahlen	staubfein gemahlen
	0.0035	0.0111	0.0170

β) Ätherlöslicher Teil des in absolutem Alkohol löslichen P_2O_5 bezogen auf 100 g Trockensubstanz:

0.0026	0.0091	0.0131

b) 90 % Alkohol.

α) In wasserhaltigem Alkohol lösliches P_2O_5 bezogen auf 100 g Trockensubstanz:

0.0186	0.0243	0.0299

β) Ätherlöslicher Teil des in wasserhaltigem Alkohol löslichen P_2O_5 bezogen auf 100 g Trockensubstanz:

0.0131	0.0169	0.0189

Auch hier gab die feinste Zerkleinerung die höchsten Werte sowohl an alkohollöslichem P_2O_5, als auch an dem in wasserfreiem Äther löslichen Teil des alkohollöslichen P_2O_5.

Es geht also aus diesen Versuchen ganz deutlich hervor, dass, wie bei SCHULZES Extraktionsmethode, so auch bei dem neuen Verfahren (Auskochen), die Menge der alkohollöslichen Phosphorsäure und ihres in Äther löslichen Teiles mit dem Grade der Zerkleinerung des Materials wächst.

Auf Grund obiger Beobachtungen war es nötig, dass das zu untersuchende Material staubfein gemahlen war. Bei Heu war das dank seiner Sprödigkeit und seinem geringen Wassergehalt leicht zu erreichen. Bei frischem Gras jedoch und den zwischen Gras und Heu liegenden Stufen der Welkung war das unmöglich. Wenn jedoch Temperaturen von etwa 98° im Vakuum keinen besonderen Einfluss auf die im Alkohol löslichen Phosphorverbindungen und ihren in Äther löslichen Teil ausübten, so war damit ein Weg gegeben, sowohl frisches Gras wie Heu im höchsten Grade der Feinheit zur Untersuchung zu bringen und die aus Verschiedenheit der Zerkleinerung entspringenden groben Fehler auszuschalten.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden mit feingeschnittenem Heu Versuche gemacht. Bei den Versuchen, die auf S. 42 und 43 beschrieben wurden, wurde ein Teil des feingeschnittenen Heus im Vakuum getrocknet, und dann mit 90 % Alkohol ausgekocht, ein anderer Teil ohne Trocknung gleich mit 90 % Alkohol ausgekocht.

Beim Vergleich mit den Zahlen der auf S. 43 stehenden Tabelle ergibt sich für das feingeschnittene Heu:

	lösl. in 90 % Alkohol	hiervon löslich in wasserfreiem Äther
frisches Heu	0.0189	0.0142
3 Stund. bei 98° i. Vakuum	0.0186	0.0131
Differenz:	— 0.0003	— 0.0011

Hier waren die Verluste überhaupt geringer als die bei Doppelbestimmungen sonst auftretenden Schwankungen.

Des weiteren sollte noch festgestellt werden, welchen Einfluss längeres und wiederholtes Erhitzen auf die Menge der alkohollöslichen Phosphorsäure und ihres ätherlöslichen Teiles habe, weil es bei den langwierigen Untersuchungen vorkommen konnte, dass einmal im Vakuum getrocknetes Material vor der Untersuchung der Sicherheit halber nochmal getrocknet werden musste.

Versuch:

Frisches Gras wurde im Vakuum bei 98° rasch getrocknet, staubfein gemahlen und wiederum ins Vakuum bei 98° gebracht und zwar eine Probe zur Entfernung des Wassers 1 Stunde lang erhitzt, die andere Probe 24 Stunden lang. Zur Extraktion wurde vergleichsweise absoluter und 93 Gew.-% Alkohol verwendet.

Bestimmt wurde in den Extrakten das alkohollösliche P_2O_5 und sein ätherlöslicher Teil; die Werte wurden wie bisher auf 100 g Trockensubstanz bezogen.

a) Extraktion mit absolutem Alkohol:

Vorbehandlung	lösl. in absol. Alkohol	hiervon lösl. in wasserfreiem Äther
1 Stunde Vakuum bei 98°	0.1038	0.0949
24 Stunden Vakuum bei 98°	0.0897	0.0801
Differenz:	— 0.0141	— 0.0148

b) Extraktion mit 93 % Alkohol.

Vorbehandlung	lösl. in 93 % Alkohol	hiervon lösl. in wasserfreiem Äther
1 Stunde Vakuum bei 98°	0.1425	0.1200
24 Stunden Vakuum bei 98°	0.1337	0.1076
Differenz:	— 0.0088	— 0.0134

Der Einfluss des längeren Verweilens bei höherer Temperatur im Vakuum ist allerdings bemerkbar. Aber da angenommen werden darf, dass der Fehler, der beim Erhitzen entsteht, in gleicher Zeitdauer gleich gross ist, andererseits aber die Verschiedenheiten in der Feinheit des Materials, die ohne

künstliche Trocknung nicht auszuschalten waren, weit grössere Fehler erzeugen konnten, so entschied man sich, den kleineren und voraussichtlich gleichen Verlust bei der Trocknung mit in Kauf zu nehmen. Die Richtigkeit dieser Erwägung wird dadurch bestätigt, dass man nach der auf den vorhergehenden Versuchen aufgebauten und unten genau beschriebenen Methode die höchsten Werte für Lecithinverbindungen in den Pflanzen bekommt (S. 124).

Endlich waren noch einige Fragen untergeordneter Art zu beantworten:

A. Ob die Pflanzensäuren beim Kochen mit Alkohol zerstörend auf das Lecithin einwirken.

B. Ob die Menge der alkohollöslichen Phosphorsäure in den Filtraten beim längeren Stehen gleich bleibt.

Zu A. Ein schädigender Einfluss der Pflanzensäuren findet nach E. SCHULZE nicht statt ([51], [61]).

Ein Versuch bestätigte dessen Beobachtung.

Frisches Gras wurde fein gewiegt. Ein Teil wurde mit absolutem Alkohol ohne weiteres überdeckt und gekocht, ein anderer Teil wurde mit gefälltem Calciumkarbonat eingestreut und dann mit absolutem Alkohol überdeckt und gekocht. Die Extrakte hatten den gleichen Gehalt an Alkohol (93 Gewichtsprozent).

Auf 100 g Trockensubstanz fanden sich Gramm P_2O_5:

	löslich in wasserhaltigem Alkohol	hiervon löslich in wasserfreiem Äther
ohne Zusatz . . .	0.1165	0.0955
mit $CaCO_3$ . . .	0.1197	0.1015
Differenz:	+ 0.0032	+ 0.0060

Ein bemerkenswerter Einfluss der Pflanzensäuren auf die Menge der lecithinartigen Verbindungen fand nicht statt.

Zu B. Bei wasserhaltigen alkoholischen Extrakten, die von dem extrahierten Material abfiltriert und 11 und 12 Monate vor Licht geschützt im Laboratorium aufbewahrt worden waren, zeigte sich keine bemerkenswerte Abnahme der alkohollöslichen Phosphorsäure und ihres ätherlöslichen Teils.

	Wiesenrispengras		Englisches Raygras	
	löslich in wasserhaltigem Alkohol	hiervon löslich in Äther	löslich in wasserhaltigem Alkohol	hiervon löslich in Äther
erste Untersuchung	0.1201	0.1049	0.1648	0.1171
nach 11 und 12 Monaten . . .	0.1187	0.1025	0.1608	0.1146
Abnahme	— 0.0014	— 0.0024	— 0.0040	— 0.0025

Es war also angängig, Filtrate, die vor Licht geschützt aufbewahrt worden waren, auch nach längerer Zeit noch zu Untersuchungen zu verwenden.

Die Bestimmung des Lecithins in Pflanzen wurde, gestützt auf die vorhergehenden Untersuchungen, folgendermassen ausgeführt. Das unzerkleinerte Material, gleichviel ob wasserreich oder wasserarm, wurde 3 Stunden im Vakuum bei 98° getrocknet. Diese Trockenzeit genügte, wie wiederholte Versuche gezeigt hatten, zur Ermittelung der Trockensubstanz. Das spröde Material wurde mit der Scheere zerschnitten, in einer nur zu diesem Zwecke verwendeten Exzelsiormühle zerkleinert und endlich in der Dreefschen Reibe staubfein gemahlen. Das Pulver wurde vor Licht geschützt in Pulvergläsern für den Gebrauch aufbewahrt. Für die Extraktion wird die nötige Menge (20—40 g) im Vakuum bei 98° nur mehr eine Stunde nachgetrocknet, dann in einen grossen Rundkolben gebracht und mit 1 l 88—92 Gewichts-% Alkohol übergossen. Dann wird nach Aufsetzen eines gut kühlenden langen Rückflusskühlers 1 Stunde im Wasserbade gekocht. Nach 1 Stunde entfernt man das Wasserbad und lässt den Kolben unter dem Kühler erkalten. Nach etwa 3 Stunden wird durch ein Faltenfilter abfiltriert. Vom Filtrat werden je nach der Menge der zu erwartenden Phosphorsäure 250 oder 500 ccm in einer Porzellanschale auf dem Wasserbad zur Trockne abgedampft, dann der Rückstand mit wasserfreiem Äther ausgezogen. Wird kein Farbstoff mehr extrahiert, so kann man annehmen, dass alle ätherlöslichen Phosphorverbindungen gelöst sind. Die Ätherportionen werden durch ein gutes Faltenfilter filtriert — am besten in einen Kjeldahlkolben —, der Äther abgedampft und in dem von Ätherdämpfen freien Kolben der Rückstand nach Neumann verascht, bis weisse SO_3-Dämpfe auftreten und

die Flüssigkeit sich auch bei längerem Erhitzen nicht mehr bräunt. Nun wird mit Wasser verdünnt, mit konz. Ammoniak neutralisiert, etwa abgeschiedene Kieselsäure abfiltriert, auf je 40 ccm Flüssigkeit 1 ccm konz. Schwefelsäure + 10 ccm konz. Salpetersäure gegeben, zum Sieden erhitzt und mit dem gleichen Volumen Lorenzscher Lösung gefällt usw.

Zusammenstellung.

Auf Grund der vorstehenden Bestimmungsmethoden konnten in dem staubfein gemahlenen Gras folgende Formen der Phosphorsäure bestimmt werden:

I. in der unbehandelten Substanz:
   1. Gesamtphosphorsäure durch Veraschen nach Neumann und Fällen nach Lorenz;

II. in dem wasserhaltigen Alkoholextrakt:
   2. alkohollösliche Phosphorsäure durch Eindampfen des Extraktes, Veraschen nach Neumann und Fällen nach Lorenz,
   3. Lecithinphosphorsäure, d. h. die aus dem Rückstand des Alkoholextraktes durch Äther ausziehbare Phosphorsäure durch Eindampfen und Veraschen;

III. in dem Rückstand der Alkoholextraktion durch Wasserextraktion:
   4. anorganische Phosphorsäure durch Fällen mit zitrathaltiger Magnesiamixtur;
   5. Phytinphosphorsäure aus der Differenz der Lorenzschen direkten Fällung im angesäuerten und zum Kochen erhitzten Wasserextrakt und der anorganischen Phosphorsäure,
   6. gesamtwasserlösliche Phosphorsäure durch Eindampfen des Wasserextraktes, Veraschen nach Neumann und Fällen nach Lorenz,
   7. wasserlösliche organische Phosphorsäure aus der Differenz von 6 und 4;

IV. aus dem angesäuerten Wasserextrakt des Rückstandes:
   8. der in angesäuertem Wasser lösliche Teil der Phosphorverbindungen,
   9. die wasserunlöslichen organischen Phosphorverbindungen (Nukleine usw.) aus der Differenz von Nr. [1 — (2 + 6 + 8)].

Ausführung s. S. 54—59.

B. Beschreibung der angewendeten Untersuchungsmethoden und einiger neuer Apparate. Ausführung der Berechnungen.

a) Methoden und Apparate.

Im nachfolgenden sollen die Methoden angegeben und zum Teil beschrieben werden, nach denen die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen gewonnen wurden.

Diese Untersuchungen zielten darauf hin, die Veränderung verschiedener Stoffgruppen im Gras unter verschiedenen Bedingungen der Heuwerbung festzustellen.

Um aber die im Gras und dem daraus gewonnenen Heu vorkommenden Nährstoffe vergleichen zu können, musste man von bekannten Mengen frischer Substanz ausgehen und alle Ergebnisse auf die Trockensubstanz des frischen Grases beziehen. Die in der Trockensubstanz des frischen Grases enthaltenen Mengen eines Nährstoffes sind nicht vergleichbar mit den Mengen, die sich von diesem Nährstoff in der Trockensubstanz eines Heues finden, das aus dem gleichen frischen Gras geworben wurde. Es finden nämlich, wie später ausführlich gezeigt wird, je nach den Bedingungen der Heuwerbung mitunter sehr beträchtliche Verluste an Trockensubstanz durch die Lebenstätigkeit der Pflanzenzellen selbst statt, und es entspricht deshalb eine wasserfreie Menge in üblicher Weise gewonnenen Heues viel grösseren Mengen frischen Grases, als die gleiche wasserfreie Menge eines künstlich rasch getrockneten Grases.

1. Beschaffung des Materials.

Es ist wichtig für vergleichende Versuche, möglichst gleichartiges Material, z. B. Gras aus möglichst wenig Arten, am besten nur eine Grasart zu verwenden. Der gewöhnliche Bestand der Wiesen lieferte, wie Versuche zeigten, auch bei gleicher Behandlung schlechte Übereinstimmung.

Wo das Gras hoch war und dicht stand, so dass am Boden viel vergilbt war, da durfte nicht zu nah am Boden abgeschnitten werden.

Besondere Berücksichtigung verdient der Tau. Er muss zum grössten Teil verdunstet sein, weil man sonst je nach der Dichte des Bestandes zu ungleiche Mengen Wasser und infolgedessen grosse Differenzen in der Trockensubstanz erhielt.

Endlich wurde die Beobachtung gemacht, dass es nicht angängig war, die ganze Masse Gras auf einmal zu schneiden, von dem Geschnittenen abzuwiegen und in die nötigen Portionen zu verteilen, weil die Portionen, die zuletzt zur Wägung kamen, bis dahin bereits beträchtliche Wassermengen verloren hatten.

Um Verluste durch Abbröckeln der feinen Teile des trockenen Grases, ferner um Verluste durch den Wind zu vermeiden, wurde das Gras in offene flache, viereckige Schachteln von genügender Länge und Breite gebracht und über die Schachteln grosse Kästen aus weitmaschigem Drahtnetz gestellt. Die Grösse der Schachteln war $56 \times 15 \times 5$ ccm. Sie entsprach der Öffnung des S. 52 beschriebenen SOXHLETschen Vakuumtrockenkastens, so dass in der ganzen verwendeten Grasmenge direkt die Trockensubstanzmenge bestimmt werden konnte. Die Beschaffung des Materials für die Untersuchung geschah demgemäss auf folgende Weise:

Nach Verdunstung des Taues — an klaren warmen Tagen nicht vor 9 Uhr morgens, an trüben Tagen oft erst nachmittags — wurde das Gras mit der Schere geschnitten und sofort in die Schachtel gelegt, bis man die gewünschte Menge hatte. Die Schachteln waren aus dünnem Weissblech und wogen mit dem Deckel, der bei Transport und Wägungen stets aufgelegt wurde, durchschnittlich 550 g. Die Schachtel mit dem geschnittenen Gras wurde sofort gewogen und ihrer Bestimmung zugeführt (Aufstellen zum Trocknen im Freien oder Trocknen im Vakuum bei 98^0). Dann erst wurde das Gras für die nächste Schachtel geschnitten, und so fort.

Als Wage diente eine gleicharmige Präzisionswage von grosser Empfindlichkeit.

Sollte Gras im Freien zu Heu trocknen, so wurde die Schachtel auf ein Stück Packpapier gestellt, das so gross war, dass der Schutzkasten aus weitmaschigem Drahtnetz ganz auf dem Papier stand. Dadurch wurde erreicht, dass Teilchen, die durch den Wind aus der Schachtel herausgeweht waren, leicht gesehen und zurückgebracht werden konnten, ferner, dass bei dem häufig notwendigen Wenden des Grases nichts verloren ging.

Die Schutzkästen aus Netz von dünnem Draht, das über ein Gerüst dünner Eisenstäbe gespannt war, hatten die Grösse $59 \times 18 \times 12$ cm; das Netz hatte eine Maschenweite von 0.7 cm, so dass Sonne und Wind unbehindert einwirken konnten.

Gewendet wurde je nach den Verhältnissen verschieden oft, aber immer so oft, dass die Wasserabgabe in allen Teilen des Grases eine gleichmässige war.

In jedem Schutzkasten steckten 2 Thermometer: ein kürzeres, das bis zum Gras reichte, um die Temperatur an der Oberfläche festzustellen, ein längeres, das in die Grasmenge selbst reichte, um die Erwärmung im Inneren der Grasmenge beobachten zu können.

Die Grösse der verwendeten Schachteln ermöglichte bis zu 600 g frisches Gras zum Versuch zu nehmen.

2. Vakuumtrocknung.

Jede mit Gras gefüllte gewogene Schachtel wurde nach Beendigung der beabsichtigten Behandlung im Vakuumtrockenkasten nach SOXHLET bei 98° (kochendes Wasser) 3 Stunden lang getrocknet. Wie wiederholte Versuche zeigten, genügte diese Zeit, um die für die Trockensubstanzbestimmung nötige Gewichtsgleichheit zu erreichen. Nach 3 Stunden wurde die Schachtel aus dem Trockenkasten in einen entsprechend gebauten Exsikkator (Fig. 1 und 2) über Chlorcalcium gebracht und ohne Deckel 1 Stunde darin gelassen. Dann wurde der Deckel aufgelegt und das Ganze auf der obenerwähnten gleicharmigen Präzisionswage gewogen. Die zur Verfügung stehende Wage gab bei einer beiderseitigen Belastung von je 1 kg auf 0.05 g noch einen Ausschlag.

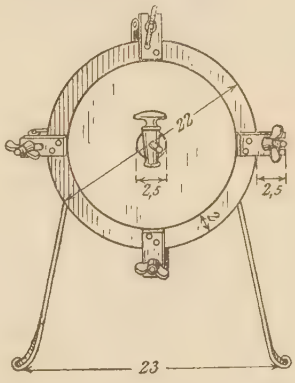

Fig. 1.
Exsikkator für Weissblechschalen
(Vorderansicht).

Auf diese Weise konnte nicht nur die Trockensubstanz des Materials bestimmt werden, sondern aus dem Vergleich der Trockensubstanzprozente des frischen, sofort im Vakuum getrockneten Grases mit den Trockensubstanzprozenten des langsam im Freien welkenden oder getrockneten Grases auch der Verlust an Trockensubstanz direkt festgestellt werden, der bei der angewandten Behandlung eingetreten war (s. S. 189).

3. Der Vakuumtrockenkasten nach v. Soxhlet

besteht aus einem an einer Schmalseite offenen Kasten mit ebenen Wänden, um den ein Mantel mit parallelen Wänden gelegt ist. Der Raum zwischen Kasten und Mantel wird mit Wasser oder verdünntem Glyzerin gefüllt. Eine Flamme ausserhalb des Apparates bringt die Flüssigkeit auf die gewünschte Temperatur. Die offene Schmalseite dient zum Einbringen des

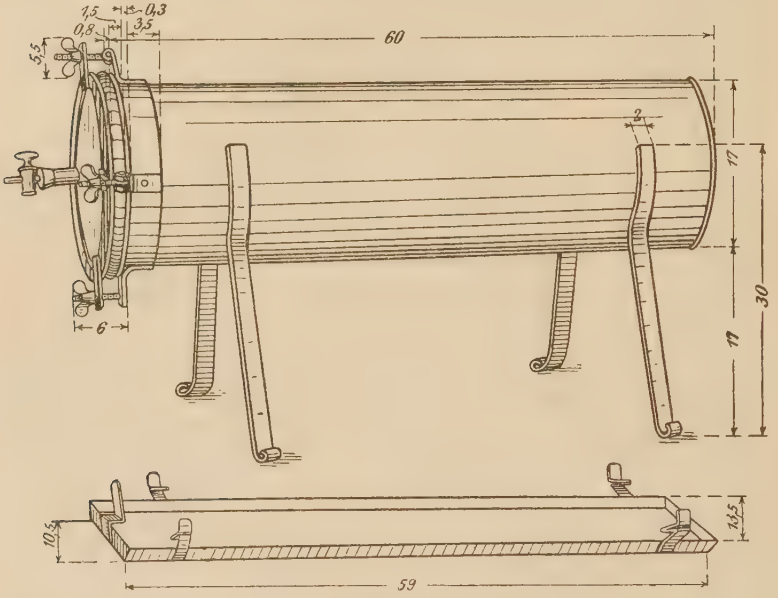

Fig. 2.
Exsikkator für die Weissblechschachteln (Seitenansicht). Darunter: Schiffchen zur Aufnahme des Chlorcalcium und zum Tragen der Weissblechschachteln.

zu trocknenden Materials. Sie kann durch eine Klappe mit Gummidichtung luftdicht verschlossen werden. In die Wand der gegenüberliegenden Schmalseite ist ein Rohr eingedichtet, das durch den Mantel nach einem Kühler führt. Das im Kühler verdichtete Wasser sammelt sich in einer Saugflasche. Der Ansatz der Saugflasche führt zum Manometer und von da zur Luftpumpe. In derselben Wand ist noch ein zweites Rohr angebracht, das gleichfalls durch den Mantel nach aussen geht und durch eine Schraube luftdicht verschlossen werden kann. Es dient dazu, bei Aufhebung des Vakuums einen schwachen

Luftstrom in den Apparat eindringen zu lassen. In der oberen Wand des Mantels befinden sich 3 Öffnungen. Auf einer ist ein Kühler angebracht, die andere dient zur Aufnahme des Thermometers, die dritte zur Aufnahme des Thermostaten.

Das Vakuum wurde mit 2 sogenannten Münchner Wasserstrahlluftpumpen erzeugt, es betrug 25—35 mm.

Der hier beschriebene Vakuumtrockenkasten ist auch beim Trocknen von Blüten die leicht ihre Farbe verlieren, z. B. Orchideen, sehr empfehlenswert. Die Blüten behielten ihre Farbe bei und waren nach einigem Verweilen an der Luft nicht spröder und zerbrechlicher, als zwischen Fliesspapier getrocknete Blüten.

4. Exsikkator für die Weissblechschachteln.

Die nötigen Exsikkatoren waren an Syphonverschlüsse mit Gummidichtung angelötet worden. Sie bestanden aus Blechzylindern, die auf 4 Füssen ruhten. Ein Schiff mit kleinen Trägern diente zur Aufnahme des Chorcalciums und zur Unterlage für die Weissblechschachteln (Fig. 1 und 2).

5. Vorbereitung zur Analyse.

Die vakuumtrockene Substanz wird nach dem Wägen mit der Schere zerschnitten, dann in einer Exzelsiormühle grob zerkleinert. Um ein Verschmieren der Mühle zu verhindern, wird das Gemahlene gesiebt und der Siebrückstand von neuem gemahlen. Meist gelingt es bis auf einen kleinen Teil, alles durchzusieben. Dieser Rest kommt dann zuerst in die Dreefsche Reibe und wird als staubfeiner Teil dem Gesiebten beigemischt. Dann erst wird alles in kleinen Portionen in der Dreefschen Reibe staubfein gemahlen und in Pulvergläsern aufbewahrt.

Die Mengen für die chemischen Untersuchungen werden stets aus Wägegläsern entnommen und das Gewicht aus der Differenz vor und nach der Entnahme festgestellt.

6. Futtermittelanalyse.

1. Zur Trockensubstanzbestimmung wurden 5—10 g der staubfein gemahlenen Substanz in Soxhletsche Nickelschalen gebracht und in dem grossen Soxhletschen Vakuumtrockenkasten oder im kleinen Schubfach-Vakuumtrockenkasten im luftverdünnten Raum bei 98° bis zur

Gewichtskonstanz getrocknet. Hierzu genügte meistens einmal wiederholtes einstündiges Erhitzen.

2. Die wasserfreie Substanz wurde aus der Nickelschale in eine tarierte Platinschale gebracht und über dem Pilzbrenner bei gelinder Hitze verascht, der Rückstand mit Wasser ausgezogen usw. (Asche).

3. Zur Bestimmung des Rohfettes wägt man etwa 10 g der staubfein gemahlenen Substanz aus dem Wägeglas in eine Soxhletsche Patrone, trocknet 1 Stunde im Vakuum bei 98°, lässt im Exsikkator erkalten und extrahiert mit wasserfreiem Äther 6 Stunden. Dann wird der Äther aus dem Kölbchen abgedampft und das getrocknete Kölbchen gewogen. Die Patrone wird im Soxhletschen Vakuumtrockenschrank bei 98° getrocknet, nach dem Erkalten das Heupulver mit einem Glasstabe zerrieben, die Patrone mit Watte wieder verschlossen und mit wasserfreiem Äther extrahiert, bis die Zunahme nicht mehr als 0.02 g beträgt.

4. Zur Bestimmung der wasserlöslichen Extraktstoffe und der Stärke wurde die Substanz zuerst getrocknet und mit wasserfreiem Äther extrahiert, um zu verhindern, dass Stoffe, die als Rohfett bestimmt waren, hier zum zweitenmal erscheinen.

Zur Bestimmung der Gesamtmenge der in wasserlöslichen organischen Stoffe wurde die zur Rohfettbestimmung verwendete Substanz genommen und die wasserlösliche Menge nach König (Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe, 3. Auflage, S. 224) in einem Teil des wässrigen Extraktes direkt bestimmt.

In dem wässrigen Extrakt wurde ferner die Trennung der Dextrine von den in 90 Volum-% Alkohol löslichen Kohlehydraten nach König (l. c. 226) vorgenommen und die Dextrine nach Inversion mit Salzsäure, die Saccharose nach Inversion mit Salzsäure, endlich die direkt reduzierenden Zuckerarten (Dextrose) mit Fehlingscher Lösung gewichtsanalytisch bestimmt.

Zur Stärkebestimmung wurden 3—4 g der staubfein gemahlenen Substanz mit Äther extrahiert, mehrmals mit Wasser ausgezogen, im Soxhletschen Dampftopf aufgeschlossen und dann invertiert.

5. Die Rohfaser wurde nach dem Weender Verfahren bestimmt.
6. Die Bestimmung des Gesamtstickstoffs erfolgte nach KJELDAHL in 1—2 g, die Bestimmung des Eiweissstickstoffs in 2—4 g der staubfein gemahlenen, mit Alkohol ausgekochten Substanz nach BARNSTEIN.

7. Bestimmung der verschiedenen Formen der Phosphorsäure.

α) Veraschung nach NEUMANN. Um die zeitraubende Veraschung mit Soda und Salpeter zu umgehen, wurde ähnlich dem NEUMANNschen Verfahren die organische Substanz mit konz. Schwefel- und Salpetersäure zerstört und zwar auf folgende Weise:

1—2 g der frischen Substanz oder der Rückstand des Alkohol- oder Ätherextraktes oder eine abgemessene Menge des wässrigen Extraktes wurde im Kjeldahlkolben mit 10 ccm einer Mischung gleicher Volumenteile Schwefel- und Salpetersäure versetzt und mit kleiner Flamme in einem gutziehenden Abzug erwärmt. Wenn die Entwicklung roter Dämpfe aufgehört hat, beginnt die Flüssigkeit sich zu bräunen. Man gibt daraufhin einige Tropfen Salpetersäure zu, erhitzt weiter und wiederholt die Zugabe so oft, bis beim Auftreten weisser Dämpfe die Flüssigkeit sich nicht mehr bräunt. Die Zerstörung der organischen Substanz ist damit beendet. Die zurückbleibende Flüssigkeit beträgt ungefähr 5 ccm.

Man lässt erkalten, versetzt mit 20 ccm Wasser, kühlt ab und neutralisiert mit konz. Ammoniak derart, dass man aus einer Bürette etwa 10 ccm konz. Ammoniak langsam unter Umschwenken zufliessen lässt. Dann kühlt man gut ab, gibt einen Tropfen Lakmus zu und titriert zu Ende. Im ganzen sind 14—16 ccm konz. Ammoniak nötig.

Die so erhaltene Lösung ist nur bei den Extrakten von Äther und von absolutem Alkohol klar. Bei Extrakten von wasserhaltigem Alkohol enthält sie Spuren, bei wässrigen Extrakten grosse Mengen Kieselsäure.[1]) Bei Anwesenheit

[1]) Bei einem Versuch mit Wiesenheu waren von 2.5 % Gesamtkieselsäure (identifiziert durch Flüchtigkeit mit Fluorwasserstoff) 0.49 %, d. i. rund 20 % der Gesamtkieselsäure in Wasser löslich.

solcher Verunreinigungen wird filtriert; sonst wird gleich im Kjeldahlkolben

β) die Phosphorsäurebestimmung nach LORENZ ausgeführt: Zur neutralisierten Flüssigkeit gibt man so viel Schwefel- und Salpetersäure, dass die zu fällende Mischung in 1 ccm 0.2—0.4 g NO_3H und 0.015—0.03 g SO_4H_2 enthält. Bei unseren Reagentien war ein Zusatz von 1 ccm konz. Schwefelsäure und 10 ccm konz. Salpetersäure zu 40 ccm hinreichend. Hierauf erhitzt man, bis die ersten Dampfblasen aufsteigen und fällt mit dem der zu fällenden Flüssigkeit gleichen Volumen LORENZscher Molybdänlösung.

Man lässt 12 Stunden stehen, saugt durch einen Neubauertiegel der mit Platinmohr gefüllt ist, ab, füllt den Tiegel dreimal mit angesäuerter 2 %iger Ammonnitratlösung, dann einmal ganz und zweimal zur Hälfte mit 90—95 % Alkohol, einmal ganz, zweimal zur Hälfte mit wasserfreiem Äther und trocknet endlich 1 Stunde lang im Vakuum bei etwa 70 mm. Hierbei wurde ein von SOXHLET konstruierter, sehr handlicher Apparat verwendet. Faktor s. S. 13 und 65.

Bemerkungen. Bei grösseren Mengen des Niederschlages genügt es, die gefällte Lösung 4 Stunden stehen zu lassen, wie LORENZ angibt und wie durch Versuche bestätigt wurde. Bei kleinen Mengen ist es angezeigt, 12 Stunden stehen zu lassen. Längeres Stehen ist ohne merkenswerten Einfluss. Wenn die Lösungen rein sind, dann entsteht im blinden Versuch selbst bei tagelangem Stehen keine Spur von Niederschlag.

γ) Zur Bestimmung der Gesamtphosphorsäure wurden 1—2 g Substanz nach NEUMANN verascht und nach LORENZ gefällt.

δ) Zur Bestimmung der Lecithinphosphorsäure wurde, wie S. 47 und 48 angegeben, verfahren.

Dies Verfahren ermöglichte mit entsprechenden Abänderungen auch die Bestimmung der anderen Formen der Phosphorsäure.

ε) Um die in absolutem Alkohol lösliche Menge Phosphorsäre und ihren ätherlöslichen Teil festzustellen, wurden 20—50 g der staubfein gemahlenen Substanz 1 Stunde im Vakuum bei 98° nachgetrocknet, dann in einen Rundkolben gebracht und mit 1—2 l absolutem Alkohol überschichtet. Der Kolben wurde mit einem langen, gut kühlenden Rückflusskühler

verschlossen und ins Wasserbad gebracht. Dann wurde 1 Stunde gekocht. Wie Versuche zeigten, hatte der Kolben vor und nach dem Kochen dasselbe Gewicht. Es trat also kein Verlust an Alkohol ein. Nach Entfernung des Wasserbades lässt man gründlich erkalten und filtriert durch ein gutes nicht zu grosses Faltenfilter. Vom Filtrat wird ein aliquoter Teil im Kjeldahlkolben zur Trockne eingedampft, nach NEUMANN verascht und nach LORENZ gefällt. Ein anderer aliquoter Teil wird auf dem Wasserbad in einer geräumigen Porzellanschale eingedampft und der Verdampfrückstand mit kleinen Portionen wasserfreien Äthers wiederholt ausgezogen. Die Ätherextrakte werden durch ein kleines Faltenfilter in einen Kjeldahlkolben filtriert. Bei der Extraktion wird der spröde Trockenrückstand mit einem Glasstab zerdrückt. Die Extraktion darf als beendet angesehen werden, wenn die grüne Farbe des Rückstandes verschwunden ist. Der Sicherheit halber lässt man den Kjeldahlkolben mit den Filtraten über Nacht stehen.[1]) Hat sich kein Bodensatz gebildet, so wird abgedampft, nach gründlichem Entfernen der letzten Ätherspuren nach NEUMANN verascht und nach LORENZ gefällt: Ätherlöslicher Teil der in absolutem Alkohol löslichen Phosphorsäure (ζ). Die gründliche Entfernung des Äthers ist deshalb nötig, weil man sonst bei Zusatz des NEUMANNschen Veraschungsgemisches explosionsartig verlaufende Reaktionen zu gewärtigen hat.

Zur Weiterbehandlung kann man den Rückstand und das Faltenfilter mit heissem Alkohol wiederholt auswaschen. Dies ist zu empfehlen, wenn der Rückstand nunmehr mit Äther ausgekocht werden soll. Soll aber das Auskochen mit wasserhaltigem Alkohol folgen, so genügt es, die Filtratmenge des Extraktes von absolutem Alkohol zu messen und für den im Rückstand verbliebenen Teil des Extraktes eine Korrektur anzubringen; denn seine Phosphormenge bleibt ja, wie aus der Folgerung auf S. 34 hervorgeht, auch in wasserhaltigem Alkohol löslich. (Berechnungsformel für die Korrektur S. 63).

Zur Prüfung, ob nur in Äther lösliche Phosphorverbindungen (η) vorhanden sind, entfernt man die in absolutem Alkohol löslichen Teile durch wiederholtes Nachwaschen mit

[1]) Bodensatz, der sich selten zeigte, muss abfiltriert werden. Ein weisser feiner Wandbelag, der häufig auftritt, ist, wie viele Versuche zeigten, phosphorsäurefrei und braucht nicht abfiltriert werden.

heissem Alkohol und nach Rückgabe des Filters in den Kolben die letzten Teile des Alkohols im Vakuum über dem Wasserbad. Hierzu, wie zu allen ähnlichen Operationen, wurde der Kolben an den Vakuumverdampfapparat nach SOXHLET ([71]) gebracht. Dann wurde mit einem bestimmten Volumen Äther 1 Stunde unter dem Rückflusskühler gekocht, nach dem Erkalten abfiltriert und wie oben verfahren. Den Rückstand spülte man mit Äther nach. Diese Ätherportion wurde nicht weiter verwendet. Zur Entfernung der letzten Ätherreste brachte man den Kolben an den Vakuumverdampfapparat nach SOXHLET und verfuhr wie oben. Die Mengen nur ätherlöslicher P_2O_5 sind meist unbedeutend (s. S. 38). Soll nach den Bestimmungen ε mit η noch die Lecithinbestimmung (δ) ausgeführt werden, so wird die von Äther befreite Substanz mit 1 l 88—92 Gewichtsprozent Alkohol übergossen und am Rückflusskühler 1 Stunde gekocht. Alles weitere wie S. 47 beschrieben (ϑ). Die Summe von $(\eta) + (\vartheta)$ ist Lecithinphosphorsäure. Alkohol der gewünschten Konzentration wird rasch bereitet durch Mischen von 10 Vol. absolutem Alkohol mit 1 Volumen Wasser.

Nach dem Auswaschen und Trocknen unter dem Vakuumdestillationsapparat können nun die wasserlöslichen organischen und anorganischen Phosphorverbindungen wie folgt bestimmt werden:

Die Substanz mit den Filtern wird mit 1 oder 2 l Wasser übergossen und unter dem Rückflusskühler 1 Stunde in lebhaft kochendem Wasserbad gelassen. Nach dem Abkühlen wird etwa die Hälfte abfiltriert[1]) und gemessen. Weitere Behandlungen siehe unter (λ). Zu einem kleinen Teil des Filtrats gibt man eine berechnete Menge starker Schwefelsäure, so dass die Flüssigkeit im Kolben etwa $^1/_2$-normal wird und gibt die angesäuerte Flüssigkeit in den Kolben zurück. Dann erhitzt man noch einmal unter dem Rückflusskühler 1 Stunde im kochenden Wasserbad, lässt unter dem Rückflusskühler erkalten und filtriert. Ein aliquoter Teil des Filtrats wird mit 10 ccm Schwefel-

[1]) Das Filtrat war nicht immer aufs erstemal klar; in solchen Fällen wurde mit Salzsäure ausgekochte, phosphorsäurefreie trockene Kieselgur mit einem Teil des Extraktes verrieben, aufs Faltenfilter gebracht und wenn nötig wiederholt filtriert. Die wässerigen oder sauren Extrakte werden zum Aufbewahren mit Chloroform versetzt, alle paar Tage geschüttelt und das Chloroform nach Bedarf erneuert.

salpetersäure versetzt und verascht und, wie S. 56 angegeben, die Phosphorsäure bestimmt. Gesamtmenge der in angesäuertem und nicht angesäuertem Wasser löslichen Phosphorverbindungen (ι). Zieht man von diesem Wert den Wert der gesamten wasserlöslichen Phosphorsäure (λ) ab, so erhält man den nur in angesäuertem Wasser löslichen Teil der Phosphorsäure ($\varkappa$).

Vom nicht angesäuerten wässrigen Filtrat wird ein aliquoter Teil mit 10 ccm Neumannscher Lösung verascht, und nach Lorenz gefällt — gesamtwasserlösliche Phosphorverbindungen (λ). Ein Teil wird mit der entsprechenden Menge konzentrierter Schwefel- und Salpetersäure verascht, zum Sieden erhitzt und mit dem gleichen Volumen Lorenzscher Molybdänlösung gefällt. Zieht man von diesem Wert die anorganische Phosphorsäure (ν) ab, so erhält man die phytinsäureähnlichen Phosphorverbindungen (μ).

Ein Teil wird unter Umrühren tropfenweise mit Zitratmagnesiamixtur versetzt und Amoniak zugefügt [Methode nach Boettcher s. S. 23]. Man erhält die anorganischen wasserlöslichen Phosphorsäureverbindungen (ν). Hat man in dem Extrakt mit reinem Wasser viele Bestimmungen auszuführen, so ist es vorteilhaft, die ganze Menge abzufiltrieren und das Filtrat zu messen. Dann gibt man das feuchte Filter in den Kolben zurück, übergiesst mit 1 l ungefähr $\frac{n}{2}$ SO_4H_2-Lösung und verfährt wie oben. Über die Korrektur der im Rückstand gebliebenen Phosphorsäuremenge s. S. 63.

8. Apparat zum Abdampfen von Alkohol und Äther aus Extrakten (Fig. 3 und 4).

Das häufige Abdampfen von Alkohol und Äther erforderte mit den in den Laboratorien gewöhnlich vorhandenen Apparaten (Wasserbäder, Kühler) viel Platz und wegen der Feuersgefahr viel Aufmerksamkeit. Deshalb wurde ein billiger Apparat gebaut, der das Abdestillieren aus Kolben rasch und sicher ermöglichte.

Der Apparat besteht aus einem Kasten aus verzinktem Blech von 14×44.5 qcm Grundfläche und 49 cm Höhe. Er steht auf 4 Füssen; die Vorderwand ist mit einer Tafel von Asbestschiefer belegt, die bis zum Boden reicht. Der Deckel

des Kastens besteht aus 4 einzelnen Klappen, die mit je einem Knopf zum Anfassen versehen sind und durch ein Scharnier am oberen Rand der Rückwand nach aufwärts und rückwärts gedreht werden können. Am oberen Rand der Schieferwand sind halbkreisförmige Einschnitte. Im Kasten ruht etwa 1 cm über dem Boden ein Einsatz aus durchlochtem Blech. Der Kasten wird zu $^1/_3$ mit Wasser gefüllt. Der den Extrakt enthaltene Kolben wird mit einem Stopfen verschlossen, durch den ein weites, in spitzem Winkel gebogenes Rohr geht. Nach der Biegung ver-

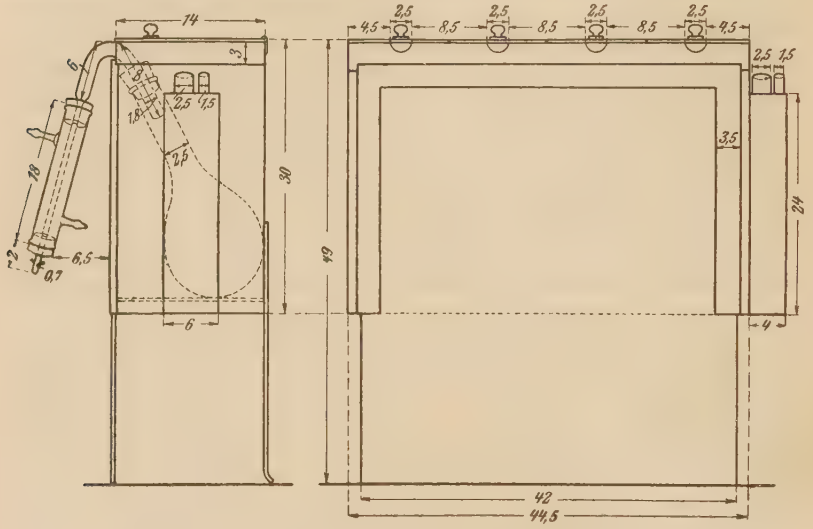

Fig. 3. Seitenansicht.

Fig. 4. Vorderansicht.

Apparat zum Abdampfen von Alkohol und Äther aus Extrakten.

jüngt sich das Glasrohr rasch in ein englumiges, starkwandiges Rohr, um das ein kleiner Kühler angebracht ist. Das Ende des Rohres lässt sich mit einer Saugflasche verbinden, deren Stutzen durch einen Schlauch zum Wasserabfluss leitet. Der Kolben mit Kühlvorrichtung wird in den Kasten gebracht, so dass die Biegung des Glasrohrs in dem halbkreisförmigen Einschnitt der Schieferwand liegt. Die Klappe wird geschlossen, das Ende des Kühlrohres mit der Saugflasche verbunden, die Kühlung in Gang gesetzt. Das Wasser im Kasten wird nun durch eine untergestellte Flamme entsprechend erwärmt. Das Extrakt beginnt zu sieden. Die Dämpfe gehen, fast ohne sich

zu kondensieren, bis zur Biegung, beginnen sich da zu verdichten und werden im Kühler völlig verflüssigt. Unverflüssigte Dämpfe, wie bei Äther, werden durch den Stutzen der Saugflasche in den Wasserablauf geleitet und vom abfliessenden Kühlwasser mitgenommen.

Der Apparat ist gedrängt und handlich, die Destillation geht rasch vor sich. Überspritzen durch Siedeverzug und Stossen ist äusserst selten. In solchen Fällen kann man das Destillat aus der Saugflasche in den Kolben zurückgeben und durch Zugabe einiger kleiner Zuckerstückchen den Siedeverzug und das Stossen verhindern. Die Zuckerstücke wurden bei der NEUMANNschen Veraschung rasch oxydiert.

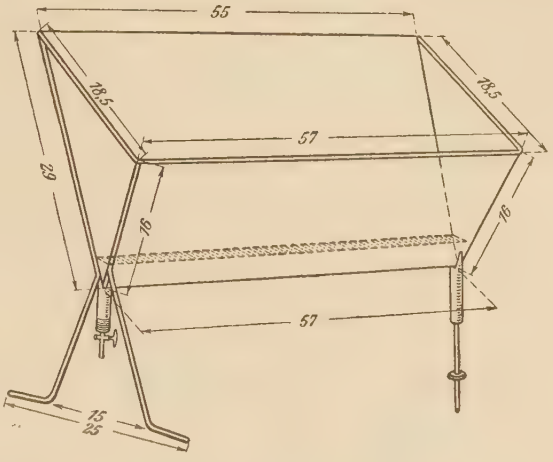

Fig. 5.
Vorrichtung für Beregnungsversuche.

Bei über 200 Bestimmungen, bei denen in diesem Apparat der Extrakt abgedampft wurde, sind die Destillationen immer ohne Störung vor sich gegangen.

9. Vorrichtung für Beregnungsversuche (Fig. 5).

Bei den Versuchen, die den Einfluss des Regens auf Gras in verschiedenem Stadium des Welkens und auf Heu feststellen sollten, wurde ein Apparat benutzt, der das Sammeln des abfliessenden Wassers, die gründliche Benetzung der Pflanzenteile mit den dem Regen entsprechenden nicht zu grossen Wassermengen, endlich leichtes Zurückbringen des beregneten Materials in die S. 50 beschriebenen Weissblechschachteln behufs Trocknung ermöglichen sollte.

Es war das ein Kasten aus verzinntem Kupfer in Form eines Prismas, oben offen. Die eine Wand (Rückwand) war

oben schmäler als die Weissblechkästen, unten breiter; die Vorderwand war breiter als die Weissblechkästen. Es konnte also Gras ebenso bequem und verlustlos aus den Weissblechkästen in den Apparat, wie von dort wieder in die Kästen zurückgebracht werden.

Am Boden des Apparats war (herausnehmbar) ein Sieb von feinem Nickeldraht, auf das ein Filterstreifen von bekannter Trockenmasse gelegt werden konnte, um den Verlust fester Bestandteile zu verhindern. Der Apparat war nach einer Schmalseite schwach geneigt, so dass Wasser, das auf den Grund des Apparats gelangt war, nach der einen Seite zusammenfliessen musste. An der tiefsten Stelle wahr ein Rohrstück angelötet in dem ein durchbohrter Gummistopfen mit Glasrohr und Glashahn steckte.

Das Gras wurde mit einer Spritzflasche mit sehr fein ausgezogener Spritze bestäubt. Die verbrauchte Wassermenge ergab sich aus Differenzwägung der Spritzflasche.

b) Berechnungen.

1. Berechnung des Alkoholgehaltes und des Volumens einer Mischung von Alkohol und Wasser.

Es sei:

Va = das Volumen des zur Mischung verwendeten Alkohols.
spa = das spezifische Gewicht dieses Alkohols.
a = Gewichtsprozente dieses Alkohols (aus der Tabelle zu entnehmen).
w = Grammgewicht des zugemischten Wassers.

Dann wiegt der zur Mischung verwendete Alkohol:

$$Va \cdot spa$$

und enthält Gramm absoluten Alkohol:

$$\frac{a \cdot spa \cdot Va}{100}.$$

Das Gewicht der Mischung beträgt dann:

$$spa \cdot Va + w.$$

Die Mischung enthält Gewichtsprozente Alkohol:

$$\frac{a \cdot spa \cdot Va}{spa \cdot Va + w} \text{ (I)} = \text{Gewichtsprozent der Mischung.}$$

Aus der Tabelle lässt sich dann das spezifische Gewicht der Mischung spm ablesen und hieraus berechnen:

$$\frac{spa \,.\, Va + w}{spm} \text{ (II)} = \text{Volumen der Mischung.}$$

2. Berechnung des Alkoholgehaltes und des Volumens eines Extraktes, hergestellt durch Einwirkung von Alkohol auf eine wasserhaltige Substanz.

Es sei:

S = das Gewicht der Substanz.

Tr = die Trockenmasse von 100 g der Substanz.

Dann enthält die Substanz:

$$\frac{(100\text{-}Tr)\,S}{100} \text{ g Wasser (III)} = w.$$

Setzt man diesen Wert in Gleichung (I) ein, so erhält man den Alkoholgewichtsprozentgehalt des Extraktes

$$\frac{a \,.\, spa \,.\, Va \,.\, 100}{spa \,.\, Va \,.\, 100 + (100\text{-}Tr) \,.\, S}.$$

Hieraus wie oben das spezifische Gewicht und nach Formel (II) das Volumen des Extrakts.

3. Berechnung der Korrektur für einen Niederschlag aus einem Lösungsmittel, wenn vom vorher angewendeten Lösungsmittel ein Teil zurückblieb.

Wenn ein und dieselbe Substanzmenge nacheinander mit mehreren Extraktionsmitteln ausgekocht werden soll, müssen beim Übergang von einem Extraktionsmittel zum andern die im ersten Extraktionsmittel löslichen Teile erst ausgewaschen und die Reste des reinen Extraktionsmittels entfernt werden. Ist man sicher, dass das zweite Extraktionsmittel alle zu bestimmenden Stoffe, die im ersten gelöst waren, gleichfalls löst, oder weiss man, welche Stoffe es löst, welche aber nicht, so kann man das zeitraubende und auch nicht ganz exakte Auswaschen umgehen, indem man nach dem Abfiltrieren des ersten Extraktionsmittels das zweite Extraktionsmittel zufügt und die Substanz extrahiert. Das Extrakt enthält dann die im Rückstand des ersten Extraktionsmittels gelösten Stoffe und es muss bei Bestimmung dieser Stoffe eine Korrektur angebracht werden, die diesen Mehrbetrag ausschaltet.

Es sei:

N_1 = der Niederschlag, der aus V_1 ccm des ersten Extraktes erhalten worden war.

R = Rückstand, der nach Abfiltrieren des ersten Extraktes zurückblieb, in ccm.

E_2 = das Volumen des zweiten Extraktionsmittels in ccm.

V_2 = die Menge des zweiten Extraktes, die der Untersuchung unterworfen wurde, in ccm.

V_1 ccm gaben N_1 g, dann würden R ccm

$$\frac{N_1 R}{V_1} \text{ Gramm}$$

geben.

Diese Menge verteilt sich auf die ganze Menge des zweiten Extraktes d. h. auf

$$(E_2 + R) \text{ ccm.}$$

V_2 enthalten dann:

$$\frac{N_1 R \,.\, V_2}{V_1 (E_2 + R)} \text{ Gramm}$$

aus dem ersten Extraktionsmittel, die von dem Niederschlage abzuziehen sind.

4. Umrechnung der Analysenresultate auf die Trockenmasse des frischen Grases.

Wie S. 49 angegeben, müssen bei Vergleichen von frischem Gras und daraus bereitetem Heu alle Resultate auf die Trockenmasse des frischen Grases bezogen werden.

Zu diesem Zweck müssen vor allem die Verluste festgestellt werden, die bei der Heubereitung eintraten. Es wird das frische Gras in der nötigen Anzahl von Portionen abgewogen und eine Portion sofort im Vakuum bei 98° getrocknet und gewogen. Die andern Portionen werden unter den gewünschten Bedingungen zu Heu gemacht und dann erst im Vakuum bei 98° getrocknet und gewogen.

Angenommen:

100 g frischer Substanz geben beim sofortigen Trocknen im Vakuum tr_1 g Trockensubstanz.

100 g einer andern Portion der frischen Substanz geben nach der Heubereitung beim Trocknen im Vakuum tr_2 g Trockensubstanz

Es entsprechen dann je tr_2 g der Heutrockenmasse tr_1 g der Trockenmasse des frischen Grases.

Sind in 100 g Trockenmasse des Heues p g eines Stoffes enthalten, so sind in tr_2 g Trockenmasse des Heues $\frac{p\,tr_2}{100}$ g enthalten.

Diese $\frac{p \,.\, tr_2}{100}$ g sind mit der Menge desselben Stoffes vergleichbar, die in tr_1 Trockenmasse des frischen Grases gefunden wird. Mit der Menge, die in 100 g Trockenmasse des frischen Grases gefunden wird, sind daher vergleichlich

$$\frac{p \,.\, tr_2 \,.\, 100}{100 \,.\, tr_1} = p \,.\, \frac{tr_2}{tr_1},$$

d. h., zur Umrechnung der Analysenresultate auf 100 g Trockenmasse des frischen Grases multipliziert man den auf die Trockenmasse des untersuchten Materials bezogenen Prozentgehalt mit dem Quotienten aus der Trockenmasse des zu Heu gemachten Grases durch die Trockenmasse des sofort im Vakuum getrockneten Grases.

5. Faktorentabelle.

α) Analysenfaktoren.

Gewogene Substanz	Gesuchte Substanz	Faktor	lg Faktor
Molybdänniederschlag nach Lorenz	P_2	0 014 39	0.157 96–2
„	P_2O_5	0.032 95	0.517 86–2
Lorenzscher Niederschlag nach Neumannscher Veraschung	P_2	0 014 81	0.170 62–2
„	P_2O_5	0.033 92	0.530 52–2
„	Distearyllecithin	0.385 7	0 586 29–1
„	Durchschnitt von Distearyl-, Dioleyl- u. Dipalmityllecithin	0.375 9	0 575 12–1
$Mg_2P_2O_7$	P_2	0.278 4	0 444 67–1
„	P_2O_5	0.637 6	0.804 57–1
„	Distearyllecithin	7.250	0.860 34
„	Durchschnitt von Distearyl-, Dioleyl- u. Dipalmityllecithin	7.066	0.849 17

β) Umrechnungsfaktoren.

Berechnete Substanz	Gesuchte Substanz	Faktor	lg Faktor
P_2	P_2O_5	2.290	0.359 90
„	Distearyllecithin	26.04	1.415 67
„	Durchschnitt von Distearyl-, Dioleyl- u. Dipalmityllecithin	25.38	1.404 50
P_2O_5	P_2	0.4366	0.640 10–1
„	Distearyllecithin	11.370	1.055 77
„	Durchschnitt von Distearyl-, Dioleyl- u. Dipalmityllecithin	11.08	1.044 60

6. Berechnung der durchschnittlichen Temperaturen.

Ausser den bei den einzelnen Versuchen in den Tabellen angegebenen, selbst beobachteten Temperaturen sind im folgenden noch „Tagestemperaturen“ und „Durchschnittliche Temperaturen“ angegeben.

Die in der Beschreibung der Versuche angeführten „Tagestemperaturen“ sind errechnet aus dem Deutschen Meteorologischen Jahrbuch (Bayern) ([22]) nach der Formel

$$^1/_4 (7\,a + 2\,p + 2 \times 9\,p),$$

wobei 7a die Temperatur um 7 Uhr vormittag,
2p „ „ „ 2 „ nachmittag,
9p „ „ „ 9 „ „ bedeutet.

Wenn der Versuch noch vor Abschluss des Tages beendet war, so wurde als Tagestemperatur nur das Mittel der durchdauerten Temperaturen angegeben; die erste und letzte Zahl bei den Tagestemperaturen in der Beschreibung der Versuche bezieht sich also immer nur auf einen Bruchteil des Tages.

Die „Durchschnittlichen Temperaturen“ sind arithmetische Mittel aus der Summe der Einzelbeobachtungen 7a, 2p, 9p, 9p des Deutschen Meteorologischen Jahrbuchs.

II. Teil. Versuche.

Mit Hilfe der beschriebenen und zum Teil nachgeprüften Methoden sollten nun die Veränderungen festgestellt werden, welche im Grase bei der Heuwerbung unter verschiedenen Be-

dingungen eintreten. Dabei soll hier gleich ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass in der folgenden Arbeit nur solche Veränderungen festgestellt werden sollten, die im Wesen der natürlichen Trocknung des Grases im Freien ihren Ursprung haben, also in erster Linie Veränderungen, die dadurch hervorgerufen werden, dass Pflanzenteile, verletzt und von der Wasser- und Mineralstoffzufuhr abgeschnitten, trotz der veränderten und ungünstigen Verhältnisse noch eine Zeit lang am Leben bleiben und nur ganz allmählich durch den Wasserverlust absterben. Dabei zwang der Lauf der Versuche auch die Wirkung der Kleinlebewesen auf dem welkenden Gras zu berücksichtigen und die durch sie hervorgerufenen Veränderungen nach Möglichkeit von den Veränderungen zu trennen, die auf die Lebenstätigkeit der Zellen des welkenden Grases allein zurückzuführen sind. Endlich waren einige Versuche über den Einfluss kleinerer oder grösserer Regenmengen auf die Zusammensetzung des zu gewinnenden Heues auszuführen. Aber diese Versuche über die Wirkung der Kleinlebewesen und des Regens wurden nur soweit fortgesetzt, als es sich zur Beantwortung der eigentlichen Frage nach den Veränderungen, die im Grase bei der Dürrheubereitung vor sich gehen, als nötig erwies. Als erschöpfend waren sie nicht gedacht.

Ferner wurden alle mechanischen Verluste ausgeschaltet, da von der grossen Anzahl der üblichen Dürrheubereitungsmethoden (das Schwadenverfahren, Trocknen in Häufchen, Trocknen in Scheiben, Trocknen in Puppen, endlich Trocknen auf den verschiedenen Trockengerüsten) jede ihre eigenen Vorteile und Nachteile hat und zu einer besonderen Untersuchung Anlass gibt.

Auch die Veränderungen, welche in dem geworbenen Heu beim Lagern auf dem Heustock vor sich gehen, konnten nur einmal flüchtig erwähnt werden (S. 125, 137 und 138). Endlich wurden Versuche über die Verdaulichkeit des gewonnenen Heues nicht ausgeführt, einmal weil Zeit und Versuchsgelegenheit nicht geboten war, dann aber auch deshalb, weil die vorliegende Arbeit ausschliesslich der Beantwortung der Frage galt, welche chemischen Veränderungen allein durch das Trocknen des Grases zu Heu verursacht werden.

Wie schon aus der Beschreibung der Methode (S. 49 bis 51) hervorgeht, gleicht das angewandte Verfahren der Heu-

werbung am meisten dem Schwadenverfahren, selbstverständlich unter Ausschaltung der mit diesem Verfahren verbundenen mechanischen Verluste.

A. Verluste an Trockenmasse bei der Heuwerbung unter verschiedenen äusseren Bedingungen.

a) Einleitung.

Gut und ohne mechanische Verluste gewonnenes Dürrheu unterscheidet sich nach der allgemein verbreiteten Ansicht von dem Grünfutter, aus dem es gewonnen wurde, nur durch seinen geringeren Wassergehalt. So schreibt G. Kühn ([31]) anlässlich eines vergleichenden Versuchs über die Ausnützung des Rotklees als Grünfutter und als Heu: „Eine besondere Untersuchung des getrockneten Klees hat nicht stattgefunden, da kein Grund zu der Annahme vorliegt, dass unter vollkommen günstigen Verhältnissen, ohne Blattverlust, auf Reitern geworbenes Kleeheu bei der Analyse ein wesentlich anderes Resultat geben werde, als der Klee, von dem das Heu stammte, wenn ihn der Chemiker im Laboratorium gedörrt hat. Wir haben aus diesem Grunde für das in der zweiten Periode verfütterte Heu dieselbe Zusammensetzung zugrunde gelegt, als für den in der ersten Periode verzehrten Grünklee."

Dieselbe Ansicht vertritt Böhmer ([1]) in seiner preisgekrönten Schrift über Heubereitungsarten: „Abgesehen von zufälligen, bei der Heubereitung durch mechanische Bearbeitung entstehenden Veränderungen unterscheidet sich also Heu vom Grünfutter im wesentlichen nur durch seinen geringern Wassergehalt" und „durch die Dürrheubereitung werden nur physikalische Änderungen der Pflanzensubstanz bewirkt" ([2]).

In gleichem Sinne schreibt auch H. Heine in seiner Zusammenstellung über die Heubereitung ([17]).

Von Kühns angeführtem Versuch bis in die neueste Zeit lässt sich sowohl in wissenschaftlichen als auch in populären Schriften die erwähnte Ansicht wiederholt finden. Noch 1905 schreibt Falke in seiner ausführlichen Arbeit über Braunheubereitung ([8]) im Anschluss an Beobachtungen aus einer älteren Untersuchung von G. Kühn ([32]): „Die Zahlen zeigen, dass, wenn das Trocknen sorgfältig und ohne Substanzverlust vor

sich geht, in der Zusammensetzung des getrockneten Futters keine Änderung eintritt.“ [1])

Dabei war wiederholt beobachtet worden, dass das Dürrheu ganz andere Zusammensetzung zeigte, als das ursprüngliche Gras. Aber man begnügte sich mit der bei der Leguminosenernte in die Augen fallenden Tatsache, dass beim Wenden und Aufladen die zarten Blättchen in Masse von den groben Stengeln abbrechen und man sprach jeden bei der Dürrheubereitung auftretenden Verlust (soweit nicht Regen noch andere Erklärung bot) als „mechanischen Verlust“ an [z. B. Falke (8)].

Bei Beginn der vorliegenden Arbeit stiegen mir Zweifel auf, ob nach Ausführung der Heuwerbung überhaupt noch die ursprüngliche Trockenmasse vorhanden ist, oder ob vielleicht mit dem langsamen Hinsterben der Zellen so grosse Verluste durch Atmung verbunden sind, dass sie bei vergleichenden Untersuchungen berücksichtigt werden müssen.

Die mir bekannten Untersuchungen von Botanikern gaben diesen Bedenken eine bedeutende Stütze. Dass auch grüne Pflanzenteile — besonders in der Dunkelheit — beträchtliche Mengen von Kohlensäure ausscheiden, ist hinlänglich bekannt. Die meisten Messungen der ausgeschiedenen Kohlensäure wurden aber an Keimlingen ausgeführt [z. B. Mayer (38), Rischawi (48), Pfeffer (43), Detmer (4)] und erlaubten auf den vorliegenden Fall keine direkte Anwendung. Die von ihnen festgestellten Atmungsverluste bezw. die von ihnen nachgewiesene Menge Kohlensäure aus dem „Betriebsstoffwechsel“ sind allerdings bedeutend genug. So fand A. Mayer (38) bei je 4 Weizenkeimlingen von einem ursprünglichen Gesamttrockenmassegewicht von 0.176 g einen Trockenmasseverlust von 0.066 g = 37.5 %

bei 10 —13.7° C. nach 34 Tagen
„ 22.5—24.5° C. „ 16 „
„ 31.9—36.5° C. „ 10 „

[1]) Hierzu möchte ich bemerken, dass an der angeführten Stelle in Falkes Werk bei Kühn der Literaturnachweis fehlt. Ich vermute, dass es sich um die von mir (32) angeführte Stelle handelt, doch bin ich nicht sicher. Denn es stimmen die Zahlen für das Trockenfutter, aber nicht die für das Grünfutter. Da ich dieselbe Abweichung vom Original auch in Heines Heubereitung S. 21 finde, so vermute ich, dass die Arbeit Kühns ausser an dem von mir erwähnten Orte noch in einer andern Zeitschrift erschienen ist.

Rischawi ([48]) fand, dass 4 Weizenkeimlinge bei 21° C. in 26 Tagen 97 mg CO_2 ausatmeten.

Pfeffer ([43]) berichtet von Atmungsverlusten bei Keimung von Samen unter Lichtabschluss, die 50 % und mehr der Trockenmasse betragen.

Detmer ([4]) beobachtete, dass 100 g Weizenkeimpflanzen je nach der Temperatur pro Stunde ausatmeten:

bei	0	10	20	30	40	50° C.
	10	29	61	101	110	64 mg Kohlensäure.

Dazu kommt noch, dass nach den Arbeiten von Stich ([75]), Friedrich ([12]) und Anderen verletzte Pflanzenteile eine viel stärkere Kohlensäureabgabe aufweisen, als unverletzte. Diese Versuche wurden grösstenteils an Reservestofforganen und nur selten an grünen Blättern ausgeführt. Doch zeigte Stich ([75]) in einem Fall mit Ilexblättern, dass die Kohlensäureabgabe in den ersten Stunden nach den Verletzungen sich fast verdoppelt hatte und Friedrich ([12]) wies in seiner wertvollen kleinen Arbeit nach, dass die Wirkung der Verletzungen auf grüne Pflanzenteile eine vielfältige ist und nicht nur allein die Kohlensäureproduktion erhöht und Substanzverluste herbeiführt.

Über die Grösse der Verluste, welche beim langsamen Absterben durch Wasserabgabe verletzte Pflanzenteile an ihrer Trockenmasse erleiden, sollten einige Vorversuche Aufschluss geben. Die Vorversuche wurden so angestellt, dass etwaige Trockenmasseverluste deutlich sichtbar werden mussten. Deshalb wählte ich ganz junges Grünfutter, das bei grossem Reichtum an Zellen sehr wenig verholzte Substanz enthält.

Vorversuch a. 27. September bis 7. Oktober 1906.

Zum Versuch diente Anthoxanthum odoratum, das noch nicht lange (aus einer späten Versuchssaat) aufgegangen war. Die Blättchen hatten ungefähr eine Länge von 5 cm. Ein Teil (4.2 g) des Grases wurde in eine Soxhletsche Nickelschale gebracht und mit aufgelegtem Deckel sofort gewogen, dann im Soxhletschen Backofen bis zur sogen. Gewichtskonstanz getrocknet und nach dem Erkalten im Exsikkator gewogen. Ein anderer Teil (4.2 g) wurde gleichfalls in einer Soxhletschen Nickelschale mit aufgelegtem Deckel gewogen und dann zum langsamen Trocknen in einem kühlen, lichten Zimmer bei offenem Fenster stehen gelassen. Nach 10 Tagen waren die

Blättchen heutrocken. Daraufhin wurde die Trockensubstanzbestimmung wie oben ausgeführt.

Trockenmasse des sofort getrockneten Grases	18.05 %
„ „ 10 Tage gewelkten Grases	15.91 „
Differenz:	2.14 %

Also hatten die jungen Blättchen von Anthoxanthum odoratum in 10 Tagen 11.85 % ihrer ursprünglichen Trockenmasse verloren. Um aber sicher zu sein, wurden noch einige Vorversuche im gleichen Sinne ausgeführt.

Vorversuch b. 12.—22. Oktober 1906.

Von einer Spätsaat eines Grases (Dactylis glomerata) wurden die zarteren Blättchen abgeschnitten und wie beim Vorversuch a behandelt.

Trockenmasse des sofort getrockneten Grases	16.65 %
„ „ Grases nach 10tägigem Welken . . .	15.52 „
Differenz:	1.13 %

Das Gras hatte also bei 10tägigem Welken 6.79 % seiner ursprünglichen Trockenmasse verloren.

Vorversuch c. 6.—12. November 1911.

Blattspreiten von Beta vulgaris noch frisch und grün wurden nach Möglichkeit von den groben Rippen befreit und mit einem Wiegmesser gewiegt. Die gewiegten Blatteile wurden sofort in Soxhletsche Nickelschalen verteilt, mit Deckel bedeckt und gewogen. Dann wurde wie bei Vorversuch a verfahren. Nach 6 Tagen waren die in einem kühlen Zimmer bei offenem Fenster stehenden Blatteile heutrocken.

Trockenmasse der sofort getrockneten Blatteile	13.09 %
„ nach 6tägigem Welken	12.09 „
Differenz:	1.00 %

Also hatten die Blatteile nach 6tägigem Welken 7.55 % ihrer ursprünglichen Trockenmasse verloren.

Auf Grund dieser Vorversuche schien es angezeigt, in erster Linie die Trockenmasseverluste zu untersuchen, welche bei der Umwandlung des Grases in Heu auftreten und bei allen folgenden Untersuchungen jedesmal den Verlust an Trockenmasse festzustellen, der unter den angewandten äusseren Verhältnissen die Bildung des Heues begleitete. Von Feststellungen der Trockenmasseverluste, die beim Welken von Blättern bei gewerblicher Bearbeitung eintreten, ist mir beim Durcharbeiten der Literatur bis jetzt nur ein Fall bekannt geworden, nämlich

eine ziemlich versteckte Angabe in der Arbeit von MÜLLER-Thurgau ([39]): „Über das Verhalten von Stärke und Zucker in reifenden und trocknenden Tabaksblättern."

MÜLLER stellt dort fest, dass mit dem Trocknen die Gesamttrockensubstanz der Tabaksblätter wesentlich abnimmt. Frisch besitzen die Blätter ca. 65 g Trockensubstanz pro Quadratmeter, nach 1tägigem Trocknen ca. 52 g und nach 3tägigem Trocknen ca. 39 g. Für Grünfuttermittel fand ich nur flüchtige Andeutungen. So erwähnt EMMERLING ([6]) bei einer Besprechung der „Verluste während der Heuernte durch Regen", dass der „Heuhaufen draussen auf dem Wiesengrund, da er aus lauter frischen Pflanzenresten besteht, noch gewisse Lebenserscheinungen zeigt, dass er atmet und hierbei durch langsame Verbrennungsprozesse Fett und Kohlehydrate verbraucht". Aber eine Angabe der Grösse dieser Atmungsverluste fehlt.

Auch in den Lehrbüchern der Fütterungslehre findet man — eben wegen dem Mangel an wissenschaftlichen Untersuchungen über diese Frage — nur allgemeine Wahrheiten. POTT ([47]) gibt in seinem Handbuch einen guten Überblick über den Stand des damaligen (1904) Wissens; allerdings schliesst er schon aus den Beobachtungen der Praxis heraus, dass Dürrheu, das eine andere Wirkung auf den Verdauungstrakt ausübt als das gleiche Futtermittel im grünen Zustand, abgesehen von seinem geringeren Wassergehalt, wesentliche stoffliche Veränderungen erlitten haben muss. KELLNER ([26]) bringt in der 5. Auflage seiner „Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere" auf Grund einiger meiner damals im Bericht über die Arbeiten der K. Moorkulturstation im Jahre 1906 von Herrn Wirkl. Geh. Rat v. SOXHLET ([74]) mitgeteilten Versuche eine kurze Besprechung der vorliegenden Frage und knüpft daran einige treffende Bemerkungen über die bisherige Beurteilung der Verdaulichkeit von Grün- und Rauhfutter. Wahrscheinlich dürften die im nachfolgenden mitgeteilten bisher ausser acht gelassenen Tatsachen bei vergleichender Feststellung der Verdaulichkeit von Grün- und Rauhfuttermitteln künftighin zu berücksichtigen sein. Aber ebenso wird man bei der Beurteilung des Wertes der einzelnen Grünfutterkonservierungsmethoden diesen neuen Beobachtungen Rechnung tragen müssen. Die Beurteilung des Wertes dieser Konservierungsmethoden geschieht

bisher meistens nur vom Standpunkte des Viehhalters aus, so nämlich, dass man von dem Grünfutter (oder, wie es irrtümlich auch vorkommt, von dem „sorgfältig", d. h. mit Atmungsverlusten getrockneten Futter) und dem aus dem Grünfutter hergestellten Dauerfutter den prozentischen Gehalt an Nährstoffen sucht und die Verdaulichkeit feststellt. Der Viehhalter weiss dann allerdings, was das Futter für ihn wert ist, weniger leicht aber wird der Produzent des Futters erfahren, ob diese Futterkonservierung für ihn vorteilhaft oder verlustreich ist. Denn die zu dieser Beurteilung nötigen Daten sind in den Untersuchungsberichten oft schwer aufzufinden, oft gar nicht vorhanden. Und doch ist es gerade bei den Futtermitteln, wo derselbe Landwirt Produzent und Käufer ist, überaus wichtig, dass nicht nur die Verwendbarkeit des gewonnenen Futtermittels klargestellt wird, sondern auch die Zweckmässigkeit des Herstellungsverfahrens. Das ist auch z. B. von Weiske ([94]) und seinen Mitarbeitern anlässlich einer Untersuchung über die Zusammensetzung und Ausnutzung der nach verschiedenen Erntemethoden gewonnenen Esparsette in klassischer Weise ausgeführt worden. Die Zusammenstellungen aus dieser Arbeit findet man öfters zitiert. Viel Nachahmung aber hat das Vorbild nicht gefunden.

Wohin eine einseitige Beurteilung nur auf Grund der prozentischen Zusammensetzung eines Futtermittels und ohne Berücksichtigung der bei der Herstellung eintretenden Verluste führt, dafür ein Beispiel für viele:

Holdefleiss ([19]) machte vor einigen Jahren die gewiss interessante Beobachtung, dass bei Heuwerbung nach einem der Häufelmethode ähnlichen Verfahren [nicht beim Schwadenverfahren ([20])] oder auf Reitern infolge von Gärungserscheinungen eine bemerkenswerte Abnahme an Holzfaser eintritt, verbunden mit einer relativen Erhöhung des Gehaltes an Rohprotein und stickstoffreien Extraktstoffen. Holdefleiss fand in einem Gras, das im Laboratorium schnell getrocknet worden war (auf 10 % Feuchtigkeit berechnet):

Feuchtigkeit	Rohprotein	Fett	N-fr. Extr.-Stoffe	Holzfaser	Asche
10	9.45	2.33	39.30	32.49	6.43

In dem aus demselben Gras auf gewöhnliche (?) Weise nach 4 Tagen gewonnenen Heu:

10	10.75	2.13	42.08	28.14	6.90

Er schliesst: Das Heu ist relativ besser, denn es ist an Holzfaser um 4.35 % ärmer, an Protein um 1.30 % reicher, an stickstoffreien Extraktstoffen um 2.78 % reicher.

Nun hat sich aber auch der Aschegehalt vermehrt, was darauf schliessen lässt, dass bei der Heuwerbung Verluste stattgefunden haben. Diese Verluste sind nachträglich (annähernd) festzustellen, wenn man den Aschegehalt, für dessen Vermehrung im Heu sonst keine Ursache einzusehen ist, im Gras und in dem daraus gewonnenen Heu gleichsetzt. Es errechnet sich unter dieser Voraussetzung unter Beibehaltung der Annahme von 10 % Feuchtigkeit:

	Feuchtigkeit	Rohprotein	Fett	N-fr. Extr.-Stoffe	Holzfaser	Asche	Verlust	Trockenmasse
Gras . .	10	9.45	2.33	39.30	32.49	6.43	0	90
Heu . .	10	10 02	1.99	39 21	26.22	6.43	6.13	83.87
Differenz:		+ 0.57	— 0.34	— 0.09	— 6.27		6.13	— 6.13

Es ist also ein Verlust an Trockenmasse von 6 kg beim Doppelzentner eingetreten und dieser Verlust wird getragen von Fett und von der nicht durchaus unverdaulichen Holzfaser.

In den von mir angeführten Versuchen, die dem Schwadenverfahren ähneln, tragen den auftretenden Verlust das Fett und die stickstoffreien Extraktstoffe (S. 163—193).

Da zugleich von HOLDEFLEISS die Abnahme des Reineiweisses in den meisten Fällen festgestellt wird ([21]), so bleibt gegenüber dem offenbaren Trockenmasseverlust als Vorzug des auf diese Art gewonnenen Heues nur die unbewiesene Annahme, dass durch die mit Holzfaserverlust verbundene Gärung der Rest der Holzfaser verdaulicher werde und sonst schwer zugängliche Stoffe gewissermassen aufgeschlossen werden, während doch Gärungsvorgänge, die mit 6 % Trockenmasseverlust verbunden sind, vermuten lassen, dass die die Gärung überstehenden Stoffe wesentliche Veränderungen erfahren haben, wenn auch die Futtermittelanalyse das nicht erkennen lässt.

Wie wichtig übrigens in allen Fällen die Einrechnung der Verluste und die Beziehung der Analysenresultate auf gleiche ursprüngliche Substanz ist, zeigen deutlich meine Zusammenstellungen auf S. 144—193. Hierzu soll noch bemerkt sein, dass nur in diesen Abschnitten eine Gegenüberstellung des prozentischen Gehalts mit dem auf ursprüngliche Substanz bezogenen Gehalt ausgeführt ist, während in allen anderen Fällen

nur die Zahlen angegeben sind, welche sich auf 100 ursprüngliche Trockenmasse beziehen (Berechnungsweise S. 64).

Die Versuche zur Ermittelung der Verluste an Trockenmasse wurden in der auf S. 49—51 beschriebenen Weise ausgeführt.

Es sollte festgestellt werden:

1. Ob bei raschem Heuwerben im Sonnenschein Trockensubstanzverluste eintreten (b S. 75—77).
2. Wie gross die Verluste bei langsamem Trocknen bei der Heuwerbung sind und welchen Einfluss die Temperatur und die Schichthöhe hat (c—d S. 78—95).
3. Bei welchem Grad der Trocknung die Trockensubstanzverluste aufhören (e S. 96—98).

Endlich sollte im Anschluss daran noch festgestellt werden:

4. Welcher Einfluss dem Beregnen neben der Lebenstätigkeit der Zellen hinsichtlich der Trockensubstanzverluste zukommt (f und h S. 98—103 und 110—120).
5. Welche Verluste der Tätigkeit von Mikroorganismen zuzuschreiben sind (g S. 103—110).

b) Geht bei rascher Heuwerbung im Sonnenschein Trockenmasse verloren?

1. Versuch: 2. Juni 1908.

Gras IIa. Entnommen am 2. Juni vormittags 11 Uhr nach Abtrocknen des Taues einem Beet des damaligen Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule in München (Ostermaiergarten).

Das Gras stand in der Blüte und bestand hauptsächlich aus Poa pratensis.

Heuwerbung geschah im Freien bei sehr starkem Sonnenschein.

Tagestemperatur	26.8° C.
Relative Feuchtigkeit.	66.0
Verwendete Menge frischen Grases. .	158.59 g
Trockenmasse des „ „ . .	18.70 %
Wassergehalt „ „ „ . .	81.30 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischer Substanz	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
2. Juni	11	Beginn	36	—	—
	3	4	38	56.83	69.90
	6	7	28	70.80	87.08
3. „	10	23	25	74.21	91.28
	12	25	33	78.94	97.10

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach 7 h
Trockenmasse sollte sein . . . . . 18.70 %
„ gefunden . . . . . 19.65 „
Differenz: + 0.95 %
Das gibt bei 100 g Trockenmasse eine Zunahme von + 5.08 „

2. Versuch: 4. Juni 1908.

Gras III. Entnommen am 4. Juni vormittags 10 Uhr dem gleichen Beete wie Gras II S. 75 im Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras stand in der Blüte und bestand hauptsächlich aus Poa pratensis. Die Heuwerbung geschah im Freien bei starkem Sonnenschein.

Tagestemperatur . . . . . 26.2° C.
Relative Feuchtigkeit 42.0
Verwendete Menge des frischen Grases 203.31 g
Trockenmasse „ „ „ 17.93 %
Wassergehalt „ „ „ 82.07 „

Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
10	Beginn	33	—	—
12	2	37	32.48	39.94
3	5	40	70.91	87.18
5	7	41	77.44	95.22

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach 5 h
Trockenmasse sollte sein . . . . . 17.93 %
„ gefunden . . . . . 18.67 „
Differenz: + 0.74 %
Das gibt bei 100 g Trockenmasse eine Zunahme von + 4.12 „

3. Versuch: 25. Juni 1908.

Gras Vb. Entnommen am 25. Juni 1908 mittags 12 Uhr einem Grasbeet des Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München.

Das Gras war vom 2. Schnitt und bestand aus Poa pratensis und etwas Festuca pratensis.

Die Heuwerbung geschah im Freien bei kräftigem Sonnenschein.

Tagestemperatur . . . . . 21.6° C.
Relative Feuchtigkeit 37
Verwendete Menge des frischen Grases 123.86 g
Trockenmasse „ „ „ 15.77 %
Wassergehalt „ „ „ 84.23 „

Stunde	Trocknungs-dauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamt-feuchtigkeit %
12	Beginn	32	—	—
3	3	35	70.30	83.46

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach 3h
Trockenmasse sollte sein . . . . . 15.77 %
„ gefunden . . . . . 16.14 „
Differenz: + 0.37 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse eine Zunahme von + 2.35 „

Die Versuchsergebnisse bei der raschen Heubereitung im Sonnenschein sind folgende:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Versuch:	Bezeichnung:	Datum 1908	Vermutliches Ende der Trockensubstanz-veränderung nach h	bis zum Ende der Trockensubstanz-veränderungen: Durch-schnitts-temperatur °	bis zum Ende der Trockensubstanz-veränderungen: Relative Feuchtigkeit	Angewendete Menge frischen Grases g	Trockenmasse des: fr. Grases sof. im Vakuum bei 98° getrocknet %	Trockenmasse des: rasch an der Sonne zu Heu ge-trockneten Grases %	Ab- oder Zunahme an Trockenmasse auf 100 urspr. Trockenmasse
1.	Gras IIa	2. Juni	7	35	49	158 59	18 70	19.65	+ 5.08
2.	„ III	4. „	5	38	42	203.31	17 93	18.67	+ 4 12
3.	„ Vb	25. „	3	34	37	123.86	15.77	16.14	+ 2.35

Es trat durchweg eine Zunahme auf.

Wird das Gras noch am Tage des Schnittes durch die Sonnenwärme trocken, so findet ein Verlust an Trockenmasse **nicht** statt. Im Gegenteil war bei nicht zu raschem Trocknen in ununterbrochenem starkem Sonnenschein eine geringe Gewichtszunahme eingetreten (Assimilation).

Es ist dabei nicht nötig, dass das Gras am Abend des ersten Tages schon heutrocken ist. Wenn nur der Grad des Wasserverlustes erreicht wird, bei dem, wie S. 98 gezeigt wird, Verluste an Trockenmasse nicht mehr eintreten.

Geht bei langsamer Heuwerbung Trockenmasse verloren und wieviel?

c) langsames Trocknen im Sonnenschein.

d) langsames Trocknen ohne Sonne (bewölkt oder Schatten).

c) Langsames Trocknen im Sonnenschein.

4. Versuch: 25.—26. Juni 1908.

Gras V c. Entnommen am 24. Juni mittags 12 Uhr einem Grasbeet des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München.

Das Gras bestand aus Poa pratensis und etwas Festuca pratensis und war vom 2. Schnitt (wie bei Versuch 3 S. 76).

Die Heuwerbung geschah im Freien bei kräftigem Sonnenschein

	am 25. Juni	am 26. Juni
Tagestemperatur . . .	18.2° C.	15.9° C.
Relative Feuchtigkeit .	50	63
Angewendete Menge des frischen Grases		168.99 g
Trockenmasse	„ „ „	15.77 %
Wassergehalt	„ „ „	84.23 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
25. Juni	12	Beginn	32	—	—
	3	3	35	55.39	65.76
26. „	9	21	18	72.96	86.62
	12	24	35	82.37	97.79

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach $18^h = {}^3/_4{}^d$

Trockenmasse sollte sein . . . . . 15.77 %

Trockenmasse gefunden . . . . . 15.55 „

Differenz: — 0.22 %

Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . — 1.40 „

Ein Kontrollversuch 4 a gab dasselbe Resultat.

Die Trocknung dehnte sich hier bis über die Nacht hin aus. Deshalb erscheint eine geringe Abnahme der Trockenmasse erklärlich. Doch liegt die Abnahme noch innerhalb der Fehlergrenzen, die bei Umrechnung auf 100 g Trockenmasse bis zu 1.5 % reichen.

5. Versuch: 19.—21. Mai 1908.

Gras I a. Entnommen am 19. Mai vormittags 10 Uhr einem Grasbeet des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras stand vor der Blüte; es bestand hauptsächlick aus Poa pratensis.

Die Heuwerbung geschah im Freien bei warmem Sonnenschein.

	19. Mai	20. Mai	21. Mai
Tagestemperatur	20.5° C.	17.3° C.	20.3° C.
Relative Feuchtigkeit. . .	57	78	57
Die Sonne schien	13 h	1½ h	12 h

Angewendete Menge des frischen Grases 356.7 g
Trockenmasse „ „ „ 21.61 %
Wassergehalt „ „ „ 78.39 „

Tag	Stunde	Trocknungs-dauer h	Tempe-ratur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamt-feuchtigkeit %
19. Mai	10	Beginn	—	—	—
	12	2	29.0	—	—
	6	8	22.0	—	—
20. „	9	23	20.0	45.71	58.31
	2	28	21.0	52.70	67.23
	6	32	19.5	54.07	68.98
21. „	10	48	25.0	60.18	76.77

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach 48 h = 2 d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 21.61 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 20.65 „
Differenz: — 0.96 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . — 4.4 „

6. Versuch: 12.—15. Juni 1908.

Gras IVa. Entnommen am 12. Juni nachmittags 4 Uhr der Zierrasenfläche des Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras war schon einmal geschnitten worden. Fertile Sprosse waren noch nicht bestimmbar. Klee und Unkräuter waren fast nicht vorhanden. Bei der Heuwerbung schien tagsüber die Sonne fast ununterbrochen, aber ihre wärmende Kraft war nicht sehr gross.

	12. Juni	13. Juni	14. Juni
Tagestemperatur	17.3° C.	20.1° C.	23.6° C.
Relative Feuchtigkeit . .	66	58	41
Die Sonne schien	12 h	8 h	10½ h

Angewendete Menge des frischen Grases 261.30 g
Trockenmasse „ „ „ 14.43 %
Wassergehalt „ „ „ 85.57 „

Tag	Stunde	Trocknungs-dauer h	Tempe-ratur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamt-feuchtigkeit %
12. Juni	4	Beginn	34	—	—
	6	2	23	18.37	21.5
13. „	9	17	22	32.92	38.5
	12	20	32	47.81	55.9
14. „	12	44	31	—	—
15. „	9	65	21	85.66	100.1

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach etwa . 48 h = 2 d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 14.43 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 13.76 %
Differenz: — 0.67 %
Das gibt bei 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . . . . — 4.60 „

Zu diesem Versuch ist zu bemerken, dass bei der Beziehung des Gewichtsverlustes auf die Gesamtfeuchtigkeit die Zahl 100.1 erreicht wird. Das heisst nicht, dass das Gras beim Trocknen an der Sonne absolut wasserfrei wurde, sondern nur, dass bei gleichen Mengen frischen Materials das vakuumtrockne wasserfreie Heu mehr wiegt als das an der Sonne getrocknete wasserhaltige Heu, das infolge Atmung eben Substanz verloren hat.

7. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI d. Entnommen am 2. Juni vormittags gegen 12 Uhr einem Grasbeet des Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing.

Das Gras stand in der Blüte und bestand fast nur aus Festuca pratensis.

Die Heuwerbung geschah an sehr heissen Tagen bei stechendem Sonnenschein im Freien.

	2. Juni	3. Juni	4. Juni
Tagestemperatur	23.2° C.	21.5° C.	17.7° C.
Relative Feuchtigkeit . . .	58	69	84
Die Sonne schien	5 h	6 h	3 h

Angewendete Menge des frischen Grases 531.63 g
Trockenmasse „ „ „ 22.35 %
Wassergehalt „ „ „ 77.65 „

Tag	Stunde	Trocknungs-dauer h	Tempe-ratur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamt-feuchtigkeit %
2. Juni	12	Beginn	36	—	—
	3	3	35	24.68	31.8
	5^{30}	$5^1/_2$	28	33.73	43.4
3. „	9	21	24	40.69	52.4
	3	27	38	55.18	71.0
	5	29	30	58.75	75.6
4. „	10	46	24	62.04	79.9

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach 2 d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 22.35 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 19.71 „
Differenz: 2.64 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . — 11.81 „

Die Versuchsergebnisse bei der langsamen Heuwerbung im Sonnenschein sind folgende:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Versuch:	Bezeichnung:	Datum:	Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderungen nach d	Bis zum vermutlichen Ende der Trockensubstanzveränderungen: Mittel der Temperaturen °	Mittel der relativen Feuchtigkeiten	Angewendete Menge frischen Grases g	Trockenmasse des: ft. Grases sof. im Vakuum bei 98° getrocknet %	an der Sonne zu Heu gew. u. dann erst im Vakuum getr. Grases %	Ab- oder Zunahme an Tr.-Masse bezogen auf 100 urspr. Tr.-Masse
4.	Gras V c	25.—26. Juni 1908	3/4	18	54	169	15.77	15.55	— 1.4
5.	„ Ia	19.—21. Mai 1908	2	19	66	357	21.61	20.65	— 4.4
6.	„ IV a	12.—15. Juni 1908	2	20	56	261	14.43	13.76	— 4.6
7.	„ XVI d	2.— 4. Juni 1909	2	22	67	532	22.35	19.71	— 11.8

Erstreckt sich das Trocknen im Sonnenschein über Tage hin, so tritt immer eine Abnahme an Trockenmasse ein, die um so grösser ist, je länger die Trocknung dauert und je höher die Tagestemperatur ist.

d) Langsames Trocknen ohne Sonne und zwar:

1. Bei bewölktem Himmel.

8. Versuch: 25.—27. August 1908.

Gras Xa. Entnommen am 25. August abends 5 Uhr dem Rasenbeet beim Wärterhaus im Botanischen Garten in München, nachdem das Gras nicht mehr feucht war. Der Rasen war vorher wiederholt beschnitten worden. Fertile Sprosse waren nicht entwickelt, weshalb die Botanische Bestimmung der Bestandteile der Grasnarbe unterblieb. Klee und Unkraut fand sich nur in geringer Menge vor.

Das Wetter war trüb und kühl.

Die Heuwerbung geschah zum Schutz vor dem zu erwartenden Regen vor dem offenen nach Süden gelegenen Fenster eines Sammlungsraums der landwirtschaftlichen Zentralversuchsstation in München. Das Brett, auf dem die Grasproben lagen, wurde bei Regen und über Nacht hinter das Fenster in den Sammlungsraum hereingezogen.

Auch bei Regen blieben die Fenster des Raumes offen. Während des vorübergehend auftretenden Sonnenscheins wurden die Proben gleichfalls in den Raum zurückgezogen.

	25. August	26. August	27. August	28. August
Tagestemperatur . .	16.2° C.	16.7° C.	18.0° C.	18.8° C.
Relative Feuchtigkeit	81	74	66	70

Angewendete Menge des frischen Grases 186.89 g
Trockenmasse „ „ „ 21.42 %
Wassergehalt „ „ „ 78.58 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
25. August	5	Beginn	17	—	—
26. „	4	23	22	31.5	39.5
27. „	7 p	50	20	54.5	68.35
28. „	11	66	22	—	—
29. „	9 p	100	18	71.1	89.16

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach 3 d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 21.42 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 19.93 „
Differenz: — 1.49 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . — 7.00 „

9. Versuch: 25.—30. August 1908.

Gras X b. Entnommen am 25. August abends 5 Uhr, nachdem das Gras nicht mehr feucht war, dem Rasenbeet beim Wärterhaus des Botanischen Gartens in München. Alles weitere wie bei Versuch 8 S. 81, aber höhere Schicht, daher verlangsamte Trocknung.

	25.	26.	27.	28.	29.	30. August
Tagestemperatur . .	16.2	16.7	18.0	18.3	15.4	12.0° C.
Relative Feuchtigkeit .	81	74	66	74	86	97

Angewendete Menge des frischen Grases 228.73 g
Trockenmasse „ „ „ 21.42 %
Wassergehalt „ „ „ 78.58 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
25. August	5	Beginn	17	—	—
26. „	4	23	22	27.0	33.96
27. „	7 p	50	20	45.2	56.85
28. „	11	66	22	—	—
29. „	9 p	100	18	61.0	76.72
30. „	12	115	17	66.2	83.26

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach	$4^3/_4$ d
Trockenmasse sollte sein	21.42 %
Trockenmasse gefunden	19.65 „
Differenz:	— 1.77 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . .	— 8.30 „

10. Versuch: 13.—16. Juli 1908.

Gras VII f. Entnommen einer Zierbeeteinfassung im Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten) am 13. Juli vormittags 11 Uhr. Der Rasen war schon einige Male und zwar das letzte Mal nicht lange vorher geschnitten. Fertile Sprosse waren bei dem jungen Gras nicht vorhanden, weshalb die botanische Bestimmung der Zusammensetzung der Grasnarbe unterblieb. Klee und Unkraut waren nur in unbedeutender Menge vorhanden.

Das Wetter war während des Schnittes schwül, nachmittags 2 Uhr kam ein Gewitter, dem ein Temperatursturz und trübes regnerisches Wetter folgte. Nur am 14. Juli etwas Sonne.

Die Heuwerbung geschah auf dem schon bei Versuch 8 S. 81 erwähnten Schubbrette. Das Brett mit den Proben war bei Tage, wenn es nicht regnete, im Freien ausserhalb des Fensters, bei Beginn des Regens und für die Nacht wurde es durch das Fenster hereingezogen und befand sich dann in dem luftigen Sammlungsraum der landwirtschaftlichen Zentralversuchsstation zu München.

Die Fenster des Raumes waren Tag und Nacht offen.

	13. Juni	14. Juni	15. Juni
Tagestemperatur	17.1° C.	16.3° C.	13.5° C.
Relative Feuchtigkeit . .	52	73	83

Angewendete Menge des frischen Grases				170.10 g
Trockenmasse	„	„	„	21.99 %
Wassergehalt	„	„	„	78.01 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischer Substanz	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
13. Juli	11^{30}	Beginn	31	—	—
	6^{30}	7	15	25.51	32.70
14. „	2^{30}	27	28	52.16	66.86
15. „	2	$50^1/_2$	16	64.14	82.22
16. „	11	$71^1/_2$	18	73.03	93.62
	2	$74^1/_2$	30	77.03	98.73

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach	$2^1/_4$ d
Trockenmasse sollte sein	21.99 %
Trockenmasse wurde gefunden	20.14 „
Differenz:	— 1.85 %
Das gibt bei 100 g Trockenmasse einen Verlust von . .	— 8.40 „

10a. Versuch: 23.—27. Juni 1909.

Gras XVII f. Entnommen am 23. Juni nachmittags 4 Uhr der Rabatte bei dem Metallrahmen des Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing.

Das Gras war schon einmal geschnitten, fertile Sprosse waren nicht vorhanden. Während des Schnittes war es schwül, dann kam ein Gewitter mit Temperatursturz und danach folgten trübe regnerische Tage. Die Trocknung geschah im Freien auf einem Schubbrett vor der Scheune des Versuchsfeldes. Bei Regen und während der Nacht wurde das Gras auf den luftigen Dachboden der Scheune zurückgezogen.

	23.	24.	25.	26.	27. Juni
Tagestemperatur . . .	12.7	13.9	13.9	13.2	12.0
Relative Feuchtigkeit .	76	66	66	76	73

Angewendete Menge des frischen Grases 340.15 g
Trockenmasse „ „ „ 23.39 %
Wassergehalt „ „ „ 76.61 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
23. Juni	4	Beginn	24	—	—
24. „	9	17	20	—	—
25. „	4	48	12	42.70	55.7
26. „	9	65	12	50.73	66.2
27. „	3	95	12	64.02	83.6

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach $3^2/_3$ d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 23.39 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 22.39 „
Differenz: — 1.00 %
Das ist bei 100 g Trockenmasse ein Verlust von . . . — 4.28 „

11. Versuch: 23.—28. Juni 1909.

Gras XVII d. Entnommen am 23. Juni nachmittags 4 Uhr der Rabatte bei dem Metallrahmen im Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing.

Das Gras was schon einmal geschnitten. Fertile Sprosse waren nicht entwickelt. Während des Schnittes war es heiss, dann kam ein Gewitter mit Temperatursturz und nachfolgenden trüben, regnerischen Tagen. Die Heuwerbung geschah im Freien auf einem Schubbrett vor der Scheune des Versuchsfeldes. Bei Regen und während der Nacht wurde das Gras auf den luftigen Dachboden der Scheune hereingezogen.

	23.	24.	25.	26.	27.	28. Juni
Tagestemperatur . . .	12.7	13.9	13.9	13.2	13.3	12.3° C.
Relative Feuchtigkeit .	76	66	66	76	73	78

Angewendete Menge des frischen Grases 372.90 g
Trockenmasse „ „ „ 23.39 %
Wassergehalt „ „ „ 76.61 „

Tag	Stunde	Trocknungs-dauer h	Tempe-ratur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamt-feuchtigkeit %
23. Juni	4	Beginn	24	—	—
24. „	9	17	20	—	—
25. „	4	48	12	39.63	51.7
26. „	9	65	15	47.55	62.1
27. „	3	95	15	61.89	80.8
28. „	9	113	17	64.92	84.7
	3	119	25	74.28	97.0

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach $4^2/_3$ d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 23.39 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 21.63 „
Differenz: — 1.76 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . — 7.50 „

12. Versuch: 25. August bis 1. September 1908.

Gras X c. Entnommen wie Gras X a und X b am 25. August nachmittags 5 Uhr. Die Schichtung war noch höher wie bei Gras X b, daher die Trocknung noch mehr verlangsamt.

	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31. Aug.	1. Sept.
Tagestemperatur . .	16.2	16.7	18.0	18.3	15.4	11.5	12.3	9.9° C.
Relative Feuchtigkeit	81	74	66	74	86	96	79	82

Angewendete Menge des frischen Grases 371.04 g
Trockenmasse „ „ „ 21.42 %
Wassergehalt „ „ „ 78.58 „

Tag	Stunde	Trocknungs-dauer h	Tempe-ratur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamt-feuchtigkeit %
25. August	5	Beginn	17	—	—
26. „	4	23	22	19.3	24.34
27. „	7 p	50	20	30.2	38.09
28. „	11	66	22	—	—
29. „	9 p	100	18	42.9	54.11
30. „	12	115	17	48.0	60.55
31. „	9	136	14	56.3	71.02
1. Sept.	9	160	16	64.9	81.86

Vermutetes Ende der Trockensubstanzveränderungen nach	$6^2/_3$ d
Trockenmasse sollte sein	21.42 %
Trockenmasse gefunden	18.84 „
Differenz:	— 2.58 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von. .	— 12.00 „

13. Versuch: 19.—27. Mai 1909.

Gras XV a. Entnommen einem Rasenbeet auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing am 19. Mai nachmittags 5 Uhr. Das Gras war schon einmal geschnitten gewesen und zeigte keine fertilen Sprosse.

Das Wetter war während des Schnittes warm; abends trat ein Regen ein; es folgten einige kühle trübe Tage.

Die Heuwerbung geschah in der bei Versuch 8 S. 81 und Versuch 10 S. 83 angegebenen Weise vor dem Fenster des Sammlungsraumes der Zentralversuchsstation.

	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27. Mai
Tagestemp.	13.7	15.2	15.4	15.8	18.9	17.8	18.9	10.8	10.0° C.
Relative Feuchtigkeit	61	56	57	74	60	74	67	81	81

Angewendete Menge des frischen Grases				360.70 g
Trockenmasse	„	„	„	25.29 %
Wassergehalt	„	„	„	74.71 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
19. Mai	5	Beginn	27	—	—
20. „	5	24	18	9.04	12.1
21. „	5	48	18	16.77	22.4
22. „	5	72	19	25.98	34.8
23. „	5	96	19	36.24	48.5
24. „	5	120	18	44.33	59.3
25. „	12	139	22	50.24	67.2
26. „	12	163	23	55.50	74.3
27. „	12	187	12	60.52	81.0

Ende der Trockensubstanzveränderung nach	8 d
Trockenmasse sollte sein	25.29 %
Trockenmasse gefunden	22.97 „
Differenz:	— 2.32 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von. .	— 9.20 „

14. Versuch: 14.—26. Oktober 1908.

Gras XIIIf. Entnommen dem Rasenbeet am Wärterhaus im Botanischen Garten in München, wie Gras X bei Versuch 8 und 9 S. 81 und S. 82 am 14. Oktober nachmittags 2 Uhr. Der Rasen war wiederholt geschnitten worden, fertile Sprosse waren nicht entwickelt. Die botanische Bestimmung der Zusammensetzung der Grasnarbe unterblieb deshalb. Klee und Unkraut fand sich nur in geringem Maſse vor.

Das Wetter war kühl, der Himmel grösstenteils bewölkt. Die Grasprobe wurde, um das Etiolieren zu verhindern, fleissig gewendet. Sie lag vom 14. bis 18. Oktober tagsüber vor dem offenen Fenster des Maschinenraumes, nachts im Maschinenraum bei offenem Fenster. Weil die Trocknung sehr langsam vor sich ging, wurde die Probe vom 19. Oktober ab in ein unbewohntes Zimmer mit etwa 11° Temperatur gebracht.

Am 26. Oktober war das Gras völlig heutrocken.

	14.	15.	16.	17.	18.	19.—26. Oktober
Tagestemperatur	13.7	12.2	10	10.7	10	11° C.
Relative Feuchtigkeit . .	71.0	80.0	85.0	84.0	82.0	

Angewendete Menge des frischen Grases			338.40	g
Trockenmasse	„	„	21.36	%
Wassergehalt	„	„	78.64	„
Dauer der Trocknung			12	d
Vermutetes Ende der Trockensubstanzveränderung nach etwa			10	d
Trockenmasse sollte sein			21.36	%
Trockenmasse gefunden			18.66	„
Differenz:			— 2.70	%
Das gibt bei 100 g Trockenmasse einen Verlust von . .			— 12.60	„

Die Versuchsergebnisse bei der langsamen Heuwerbung ohne Sonnenschein bei bewölktem Himmel sind folgende:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Versuch:	Bezeichnung:	Datum:	Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderungen nach d	Bis zum vermutlichen Ende der Trockensubstanzveränderungen: Mittel der Tagestemperaturen °	Bis zum vermutlichen Ende der Trockensubstanzveränderungen: Mittel der relativen Feuchtigkeiten	Angewendete Menge frischen Grases g	Trockenmasse des: fr. Grases sof. im Vakuum bei 98° getrocknet %	Trockenmasse des: an der Luft zu Heu gew. u. dann erst im Vakuum getr. Grases %	Ab- oder Zunahme an Tr.-Masse bezogen auf 100 urspr. Tr.-Masse
8.	Gras Xa	25.—27. August 1908	3	18	72	187	21.42	19.93	— 7.0
9.	„ Xb	25.—30. „ „	$4^3/_4$	17	78	229	21.42	19.65	— 8.3
10.	„ VIIf	13.—16. Juli 1908	$2^1/_4$	16	70	170	21.99	20.14	— 8.4
10 a.	„ XVIIf	23.—27. Juni 1909	$3^2/_3$	13	71	340	23.39	22.39	— 4.3
11.	„ XVIId	23.—28. „ „	$4^2/_3$	13	71	373	23.39	21.63	— 7.5
12.	„ Xc	25. Aug. bis 1. Sept. 1908	$6^2/_3$	15	79	371	21.42	18.84	— 12.0
13.	„ XVa	19.—27. Mai 1909	8	16	67	361	25.29	22.97	— 9.2
14.	„ XIIIf	14.—26. Oktober 1908	10	11	81	338	21.36	18.66	— 12.6

Bei den Versuchen 8, 9 und 12 wurden absichtlich steigende Mengen Gras verwendet, so dass das Gras in immer höhere Schicht zu liegen kam, wodurch immer längere Trockendauer erreicht wurde. Aus den Versuchen 8 bis 14 ergibt sich, dass bei langsamem Trocknen bei bewölktem Himmel stets Verluste eintreten (4.3—12.6 % der Trockenmasse). Die Verluste sind im allgemeinen um so grösser, je höher die Temperatur ist und je länger das Gras zum Trocknen braucht. Die Dauer des Trocknens und damit der Trockensubstanzverlust ist um so grösser, je höher das Gras geschichtet ist.

2. Bei künstlicher Beschattung (Baumschatten, Gartenhaus, bedeckte Räume).

Da die Versuche ähnlich den Versuchen 8—14 auch bei höheren Lufttemperaturen ausgeführt werden sollten, um die Verhältnisse bei schwülem Wetter herbeizuführen, wurde die Trocknung bei künstlicher Beschattung vorgenommen.

15. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVIe wie bei Versuch 7 S. 80. Entnommen am 2. Juni vormittags gegen 12 Uhr einem Grasbeet des Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing bei München. Das Gras stand in der Blüte und bestand fast nur aus Festuca pratensis.

Das Wetter war sehr heiss.

Die Heuwerbung geschah auf dem luftigen Boden der Scheune des Versuchsfeldes.

	2. Juni	3. Juni	4. Juni
Tagestemperatur	23.2° C.	21.5° C.	17.7° C.
Relative Feuchtigkeit . . .	58	96	84

Angewendete Menge des frischen Grases 495.30 g
Trockenmasse „ „ „ 22.35 %
Wassergehalt „ „ „ 77.65 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
2. Juni	12	Beginn	27	—	—
	3	3	27	4.32	5.6
	5	5	27	6.14	7.9
3. „	9	21	21	13.00	16.8
	3	27	26	16.13	20.8
	5	29	26	17.75	22.8
4. „	10	46	23	24.11	31.0

Ende der Trockensubstanzveränderungen wurde nicht erwartet. Der Versuch wurde nach 2 Tagen abgebrochen und die Trockenmasse bestimmt. Gras welk aber schön grün.

Trockenmasse sollte sein	22.35 %
Trockenmasse gefunden	21.05 „
Differenz:	— 1.30 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . .	— 5.80 „

16. Versuch: 12.—15. Juni 1908.

Gras IVb. Entnommen, ebenso wie Gras IVa Seite 79 Versuch 6, am 12. Juni nachmittags 4 Uhr der Zierrasenfläche des Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras war schon einmal rasiert geschnitten worden. Fertile Sprosse waren nicht entwickelt; die botanische Bestimmung konnte deshalb nicht ausgeführt werden. Klee und Unkraut waren fast nicht vorhanden. Bei der Heuwerbung lag das Gras im Freien, aber im Schatten, am Tage unter einem dichtbelaubten Baum, bei Nacht in einem Gartenhaus (um Tau und Regen fern zu halten).

	12. Juni	13. Juni	14. Juni	15. Juni
Tagestemperatur . .	17.3° C.	20.1° C.	21.8° C.	20.1° C.
Relative Feuchtigkeit .	66	58	41	63

Angewendete Menge des frischen Grases				263 60 g
Trockenmasse	„	„	„	14.43 %
Wassergehalt	„	„	„	85.57 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
12. Juni	4	Beginn	22	—	—
	6	2	21	5 69	6.7
13. „	9	17	22	12.90	15.1
	12	20	25	19.35	22.6
14. „	12	44	24	—	—
15. „	9	65	19	68.45	79.99
	3	71	25	71.35	83.45

Vermutetes Ende der Trockensubstanzveränderung nach	3 d
Trockenmasse sollte sein	14.43 %
Trockenmasse gefunden	13.71 „
Differenz:	— 0.72 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . .	— 5.00 „

17. Versuch: 19.—23. Mai 1908.

Gras Ib, wie Gras Ia bei Versuch 5 S. 79. Entnommen am 19. Mai vormittags 10 Uhr einem Grasbeet des damaligen Versuchsgartens der land-

wirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras stand vor der Blüte; es bestand hauptsächlich aus Poa pratensis. Die Heuwerbung geschah anfangs in einem düsteren schwülen Zimmer, später an der Sonne.

Die Witterung war warm.

	19. Mai	20. Mai	21. Mai	22. Mai
Tagestemperatur . . .	20.5° C.	17.3° C.	20.2° C.	23.3° C.
Relative Feuchtigkeit .	57	78	65	38
Die Sonne schien . .	—	—	12h	8h

Angewendete Menge des frischen Grases 376.16 g
Trockenmasse „ „ „ 21.61 %
Wassergehalt „ „ „ 78.39 „

In dem düsteren schwülen Zimmer:

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
19. Mai	10	Beginn	20.0	—	—
20. „	9	23	19.8	13.88	17.71
	6	32	19.5	21.00	26.79
21. „	10	48	23.0	30.12	38.42

Die Trocknung ging auf diese Art zu langsam, zugleich begann das Gras zu vergilben. Deshalb wurde nach 2 Tagen (vom 21. Mai 10h an) das welke, teilweise etiolierte Gras an die Sonne gebracht, um die Trocknung zu beschleunigen, entsprechend dem Fall in der Praxis, wo nach bewölkten Tagen wieder Sonnenschein kommt.

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
21. Mai	2	52	24.0	49.67	63.36
	6	56	23.0	57.99	73.97
22. „	10	72	31.0	61.26	78.15
	3	77	29.4	—	—
23. „	12	98	11.0	76.00	96.95

Vermutetes Ende der Trockensubstanzveränderungen nach $3^1/_2$ d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 21.61 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 19.50 „

Differenz: — 2.11 %
Das gibt bei 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . — 9.80 „

18. Versuch: 19.—24. Mai 1908.

Gras Ic. Entnommen wie Gras Ia Versuch 5 S. 79 und Gras Ib Versuch 17 S. 90 vormittags 10 Uhr.

Die Heuwerbung geschah zuerst in einem schwülen düsteren Zimmer, nach 2 Tagen im Schatten hinter offenem Fenster. Da das Gras etwas etiolierte, wurde es nach 3 Tagen, am 22. Mai, an die Sonne gebracht, um die Heuwerbung zu beschleunigen.

	19.	20.	21.	22.	23. Mai
Tagestemperatur	20.5	17.3	20.2	22.4	8.3° C.
Relative Feuchtigkeit . . .	57	78	65	41	84
Die Sonne schien	—	—	—	8h	—

Angewendete Menge des frischen Grases 465.86 g
Trockenmasse „ „ „ 21.61 %
Wassergehalt „ „ „ 78.39 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
19. Mai	10	Beginn	19.5	—	—
20. „	9	23	19.8	11.02	14.06
	2	28	19.8	13.13	16.75
	6p	32	19.5	14.52	18.52
21. „	10	48	19.7	20.21	25.67
Nach 2 Tagen hinter dem offenen Fenster, aber ohne Sonnenschein:					
21. Mai	2	52	23.8	26.54	33.86
	6p	56	24.0	32.53	41.50
22. „	8	70	22.0	37.76	48.17
Nach 3 Tagen im Freien im Sonnenschein:					
22. Mai	10	72	31.0	—	—
23. „	12	98	11.0	64.58	82.38
24. „	10	120	10.0	71.53	91.25

Mutmassliches Ende der Trockensubstanzveränderung nach $4^1/_2$ d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 21.61 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 18.46 „
Differenz: — 3.15 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . — 14.60 „

19. Versuch: 2.—5. Juni 1908.

Gras IIb. Entnommen wie Gras IIa Versuch 1 S. 75 am 2. Juni vormittags 11 Uhr einem Beet des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras stand in der Blüte und bestand hauptsächlich aus Poa pratensis.

Die Heubereitung geschah in einem sehr luftigen Gartenhaus. Das Gras wurde in der ersten Nacht durch Regenspritzer etwas nass.

	2. Juni	3. Juni	4. Juni
Tagestemperatur	20.5° C.	20.4° C.	21.1° C.
Relative Feuchtigkeit	68	63	66

Verwendete Menge des frischen Grases 211.80 g
Trockenmasse „ „ „ 18.70 %
Wassergehalt „ „ „ 81.30 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer h	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
2. Juni	11	Beginn	25	—	—
	3	4	27	15.02	18.47
	6 p	7	26	25.45	31.30
3. „	10	23	25	8.45 (Regen!)	10.39
	12	25	25	19.74	24.28
	2^{30}	$27^1/_2$	26	29.23	35.95
	5^{30}	$30^1/_2$	24	37.87	46.58
4. „	9	46	26	56.04	68.93
	3	52	27	65.49	80.55
	7^{30} p	56	22	70.16	86.30
5. „	10	71	28	77.86	95.77

Vermutetes Ende der Trockensubstanzveränderungen nach $2^1/_2$ d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 18.70 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 15.16 „
Differenz: — 3.54 %
Das gibt bei 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . — 18.90 „

Die Trocknungsversuche in künstlichem Schatten, welche ähnliche Verhältnisse der Heuwerbung wie bei schwülem Wetter herbeiführen sollten, lieferten folgende Ergebnisse:

1. Versuch:	2. Bezeichnung:	3. Datum:	4. Vermutetes Ende der Trockensubstanzveränderungen nach d	5. Bis zum Ende der Trockensubstanzveränderungen: Mittel der Tagestemperaturen °	6. Mittel der relativen Feuchtigkeiten	7. Angewendete Menge frischen Grases g	8. Trockenmasse des: fr. Grases sof. im Vakuum bei 98° getrocknet %	9. an der Luft zu Heu gew. u. dann erst im Vakuum getr. Grases %	10. Ab- oder Zunahme an Tr.-Masse bezogen auf 100 urspr. Tr.-Masse
15.	Gras XVIe	2.— 4. Juni 1909	2 Ende nicht abgewartet	22	67	495	22.35	21.05	— 5.8
16.	„ IVb	12.—15. „ 1908	3	20	58	264	14.43	13.71	— 5.0
17.	„ Ib	19.—23. Mai „	$3^1/_2$	20	63	376	21.61	19.50	— 9.8
18.	„ Ic	19.—24. „ „	$4^1/_2$	18	64	466	21.61	18.46	— 14.6
19.	„ IIb	2.— 5. Juni „	$2^1/_2$	21	65	212	18.70	15.16	— 18.9

Aus den Versuchen 15—19 ergibt sich somit, dass bei langsamem Trocknen im Schatten bei höherer Temperatur (Schwüle) höhere Verluste an Trockenmasse eintreten (5.0 bis 18.9 %), als bei langsamem Trocknen bei geringerer Wärme. Das entspricht der dem praktischen Landwirte bekannten Erfahrung, dass Verzögerungen der Heuwerbung bei kühlem Wetter weit weniger nachteilig auf die Güte des Heues wirken, als Verzögerungen der Heuwerbung bei schwülem Wetter.

Die Verluste sind um so grösser, je höher die Temperatur ist und je länger das Gras zum Trocknen braucht. Die Dauer des Trocknens und damit der Trockenverlust ist um so grösser, je höher das Gras geschichtet ist.

Fassen wir die Ergebnisse der Versuche 8 bis 19 zusammen, so ergibt sich, dass beim langsamen Trocknen des Grases sowohl bei natürlicher, als auch bei künstlicher Beschattung Verluste an Trockenmasse eintreten, und dass diese Verluste um so grösser sind,

1. je länger die Trocknung dauert und
2. je höher die beim Trocknen herrschende Temperatur ist.

Hier schliessen sich noch einige Versuche über die Verluste an Trockenmasse bei der Heuwerbung im künstlichen Schatten an, wobei die Temperatur nicht hoch war. Es entspricht das ungefähr den Verhältnissen in der Praxis, wo kühle trübe Tage die Heuernte verzögern. Die Plätze der Trocknung waren durchwegs licht.

20. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVIIa. Entnommen wie Versuch 11, Gras XVIId S. 84 am 23. Juni nachmittags 4 Uhr der Rabatte bei den Metallrahmen im Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing. Das Gras war schon einmal geschnitten. Fertile Sprosse waren nicht vorhanden.

Das Wetter war kühl und regnerisch.

Die Heuwerbung geschah auf dem luftigen Dachboden der Scheune des Versuchsfeldes.

	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30. Juni	1.	2. Juli
Tagestemp.	12.7	13.9	13.9	13.2	13.3	15.6	13.8	10.9	10.2	10.4° C
Relative Feuchtigkeit	76	66	66	76	73	65	88	83	76	88

Angewendete Menge des frischen Grases				379.90 g
Trockenmasse	„	„	„	23.39 %
Wassergehalt	„	„	„	76.61 „

Tag	Stunde	Trocknungs-dauer d	Tempe-ratur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamt-feuchtigkeit %
23. Juni	4	Beginn	24	—	—
24. „	9	$^3/_4$	20	—	—
25. „	4	2	12	40.09	52.3
26. „	9	$2^3/_4$	12	43.72	57.1
27. „	3	4	12	48 91	63.8
28. „	9	$4^3/_4$	12	51.94	67.8
29. „	8	$5^3/_4$	15	58.20	76.0
30. „	3	7	11	60.75	79.3
1. Juli	6 p	8	11	63.10	82.4
2. „	4	9	11	64.23	83.8

Vermutetes Ende der Trockensubstanzveränderungen nach 9 d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 23.39 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 20.65 „
Differenz: — 2.74 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . — 11.70 „

21. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVIf. Entnommen wie Gras XVId Versuch 7 S. 80 und Gras XVIe Versuch 15 S. 88 am 2. Juni vormittags gegen 12 Uhr einem Grasbeet des Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing.

Das Gras stand in der Blüte und bestand fast nur aus Festuca pratensis.

Das Welken geschah im Keller bei etwa 19° C. und wurde aus später dargelegten Gründen nach 2 Tagen unterbrochen. Das Gras war nur wenig welk und wurde 3 Stunden lang im Vakuum bei 98° getrocknet.

Angewendete Menge des frischen Grases 574.50 g
Trockenmasse „ „ „ 22.35 %
Wassergehalt „ „ „ 77.65 „

Tag	Stunde	Trocknungs-dauer h	Tempe-ratur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamt-feuchtigkeit %
2. Juni	12	Beginn	18	—	—
	3	3	18	0.92	1.2
	5	5	20	1.60	2.1
3. „	9	21	18	3.52	4.5
	3	27	20	4.21	5.4
	5	29	18	4.56	5.8
4. „	10	46	18	6.13	7.9

Abschluss des Welkens nach	2 d
Trockenmasse sollte sein	22.35 %
Trockenmasse gefunden	21.74 „
Differenz:	— 0.61 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . .	— 2.70 „

Die beiden Versuche gaben folgende Resultate:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Versuch:	Bezeichnung:	Datum:	Vermutetes Ende der Trockenmasseveränderung nach d	Während der Veränderung der Trockenmasse: durchschnittliche Tagestemperaturen °	Während der Veränderung der Trockenmasse: durchschnittliche relative Feuchtigkeiten	Angewendete Menge frischen Grases g	Trockenmasse des: fr. Grases sof. im Vakuum bei 98° getrocknet %	Trockenmasse des: an der Luft zu Heu gew. (gewelkten) u. dann im Vak. getr. Grases %	Ab- oder Zunahme an Tr.-Masse bezogen auf 100 urspr. Tr.-Masse
20.	Gras XVIIa	23. Juni bis 2. Juli 1909	9	13	75	380	23.39	20.65	— 11.7
21.	„ XVIf	2.—4. Juli 1909	nach 2 Tagen abgebrochen	19	67	575	22.35	21.74	— 2.7

Versuch 20 entspricht den Erfahrungen (S. 88), die beim Trocknen des Grases ohne Sonnenschein bei niederer Temperatur gemacht wurden. Versuch 21 bleibt hinter den auf S. 89 gemachten Beobachtungen etwas zurück (2.7 gegen 5.8 % Verlust). Allerdings war das Gras XVIe auf dem wärmeren Dachboden gelegen, das Gras XVIf im kühleren Keller.

Bei den Versuchen 1—21 ist in den Tabellen das „vermutete Ende der Trockensubstanzveränderungen“ angegeben. Es liessen sich nämlich im Anfange der Untersuchung die Resultate nicht immer erklären. Gleich langes Trocknen desselben Grases ergab manchmal ziemlich beträchtliche Unterschiede in den Verlusten.

Dies legte die Vermutung nahe, dass die Trockensubstanzveränderungen aufhören könnten, bevor das Gras heutrocken geworden ist. (Wassergehalt des Heues 10—16 %.)

Es wurde deshalb ein Versuch angestellt, der die Frage beantworten sollte.

e) Bei welchem Grad der Trocknung finden merkliche Verluste an Trockenmasse nicht mehr statt.

22. Versuch: 13.—16. Juli 1908.

Gras VII a—f. Entnommen, wie schon bei Gras VII f Versuch 10 S. 83 beschrieben, am 13. Juli vormittags 11 Uhr einer Zierbeeteinfassung im Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Der Rasen war schon einige Male und zwar das letzte Mal nicht lange vorher beschnitten worden. Man erhoffte bei dem jungen weniger Rohfaser enthaltenden Grase grosse prozentische Trockensubstanzverluste und dadurch klare Resultate. Das junge Gras hatte keine fertilen Sprosse entwickelt, weshalb die botanische Bestimmung der Zusammensetzung der Grasnarbe unterblieb.

Das Wetter war während des Schnittes schwül; nachmittags 2 Uhr kam ein Gewitter, dem ein Temperatursturz und trübes regnerisches Wetter folgte. Nur am 14. Juli schien etwas Sonne. Die Heuwerbung geschah mittels des schon im Versuch 8 S. 81 erwähnten Schubbrettes, das bei Tage, wenn es nicht regnete, vor einem nach Süden gerichteten Fenster eines Sammlungsraumes der landwirtschaftlichen Zentralversuchsstation schwebte, während es beim Regen und während der Nacht hinter das Fenster zurückgezogen war.

5 ziemlich gleich grosse Portionen (160—174 g) Gras wurden in gleich hoher Schicht gebreitet und zum Trocknen aufgestellt. Die Bestimmung der Trockenmasse erfolgte in den in der Tabelle angegebenen Zwischenräumen.

Nach 74 Stunden war das Gras heutrocken. Die Abnahme an Trockenmasse hatte bereits aufgehört, bevor das Gras seine Feuchtigkeit völlig abgegeben hatte. Es war das bei Versuch e der Fall nach 54 Stunden. Nach dieser Zeit betrug der prozentische Wasserverlust 86.53 %. Das gewelkte Gras hatte daher in diesem Zustand einen Wassergehalt von 37.8 %, während, wie erwähnt, der Wassergehalt des fertigen Heues zwischen 10 und 16 % schwankt. Gras f, das noch weitere 20 Stunden (im ganzen $74^1/_2$ Stunden Trockendauer) trocknete und völlig zu Heu wurde, hatte denselben Trockensubstanzgehalt, wie Gras e nach 54 Stunden. Es war also in der Zwischenzeit durch weitere Wasserabnahme, von 37.8 auf 12.3 %, keine weitere Verminderung an Trockenmasse eingetreten.

	13. Juli	14. Juli	15. Juli	16. Juli
Tagestemperatur	17.1	16.3	13.2	16.7° C.
Relative Feuchtigkeit . . .	52	73	64	55

(Siehe die Tabelle auf S. 97.)

Zu der Tabelle ist zu bemerken:

Um Zahlen zu erhalten, die auch auf die Trocknung von Gras mit anderem Wassergehalt anwendbar sind, konnte man den Gewichtsverlust beim Welken (1. Kolumne jeder Probe) auf den Wassergehalt des frischen Grases (2. Kolumne jeder Probe) oder auf den Gesamtverlust jeder einzelnen Probe

Zeit: Tag	Stunde	Trockenmasse bestimmt nach Stunden h	Temperatur 0	a. 119.5 Wasserverlust des Grases %	Verlust in Prozent der Gesamtfeuchtigkeit	Verlust in Prozent des Gesamtverlustes	b. 160.5 Wasserverlust des Grases %	Verlust in Prozent der Gesamtfeuchtigkeit	Verlust in Prozent des Gesamtverlustes	c. 171.4 Wasserverlust des Grases %	Verlust in Prozent der Gesamtfeuchtigkeit	Verlust in Prozent des Gesamtverlustes	d. 174.4 Wasserverlust des Grases %	Verlust in Prozent der Gesamtfeuchtigkeit	Verlust in Prozent des Gesamtverlustes	e. 166.4 Wasserverlust des Grases %	Verlust in Prozent der Gesamtfeuchtigkeit	Verlust in Prozent des Gesamtverlustes	f. 170.1 Wasserverlust des Grases %	Verlust in Prozent der Gesamtfeuchtigkeit	Verlust in Prozent des Gesamtverlustes	Das entspricht einem Wassergehalt des Futtermittels von %
13. Juli	11^{30}	Beginn	31	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78
	2^{30}	3	25	—	—	—	21.77	27.91	27.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71.9
	6^{30}	7	15	—	—	—	—	—	—	22.79	29 21	—	22.79	29.71	—	24.71	31.68	—	25 51	32.70	—	—
14. „	2^{30}	27	28	—	—	—	—	—	—	39.44	50.56	49.92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65.3
	4	$28^1/_2$	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50.94	65 30	—	51.51	63.03	—	52.16	66.86	—	—
	5	$29^1/_2$	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55.38	70.99	69.84	—	—	—	—	—	—	53.6
15. „	9	$45^1/_2$	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.89	76.77	—	59.86	76.73	—	—
	2	$50^1/_2$	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64.64	82.86	—	64 14	82.22	—	—
	6	$54^1/_2$	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67.50	86.53	84.60	67.06	85.96	—	37.8
16. „	11	$71^1/_2$	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	73.03	93 62	—	—
	2	$74^1/_2$	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77.03	98.73	96.46	12.3
Trockenmassebestimmungen nach .				0 h			3 h			$27\,h = 1^1/_8\,d$			$29^1/_2\,h = 1^1/_4\,d$			$54^1/_2\,h = 2^1/_4\,d$			$74^1/_2\,h = 3^1/_8\,d$			
Trockenmasse sollte sein				21.99 %			21.99 %			21.99 %			21.99 %			21.99 %			21.99 %			
Trockenmasse gefunden				21.99 „			21.98 „			21.00 „			20.71 „			20.21 „			20.14 „			
Differenz:				0 %			0.01 %			0.99 %			1.28 %			1.78 %			1.85 %			
Das gibt bei 100 Trockenmasse einen Verlust von				0 „			0 „			— 4.50 „			— 5.80 „			— 8.10 „			8.40 „			

(3. Kolumne) = 100 beziehen. Die Prozente des Gesamtverlustes können natürlich erst nach Abschluss des Trocknungsversuches festgestellt werden. Während das Gras trocknet, lassen sich die Gewichtsverluste nur auf den Wassergehalt des frischen Grases = 100 beziehen. Da es manchmal von Wert ist, zu wissen, ob bei der Trocknung das Gras schon den Grad von Wasserverlust erreicht hat, von dem an Trockensubstanzverluste nicht mehr zu befürchten sind, und da ferner, wie aus der Vergleichung von Kolumne 2 und 3 ersichtlich ist, die Werte für beide Beziehungen nicht erheblich voneinander abweichen, so ist in den vorhergehenden und auch in den folgenden Tabellen der Gewichtsverlust nur auf den Wassergehalt (Gesamtfeuchtigkeit) des frischen Grases = 100 bezogen.

Die letzte Kolumne gibt den prozentischen Wassergehalt des welkenden Grases in den verschiedenen Abschnitten der Untersuchung an.

Aus der Tabelle ergibt sich, dass die Verluste an Trockenmasse schon aufhören, bevor das Gras zu Heu geworden ist. Nachdem das Gras etwa 87 % seines ursprünglichen Wassergehalts verloren hatte, und hiermit einen Wassergehalt von etwa 38 % besass, stellten sich bei weiterem Trocknen keine Verluste an Trockenmasse mehr ein.

f) Besprengen.

Nicht selten kommt es vor, dass bei der Heuwerbung kurze Strichregen niedergehen, welche das welkende Gras benetzen, aber nicht auswaschen. Das hat dann eine langsame Trocknung zur Folge, während welcher, wie dargelegt (S. 93), grössere Verluste an Trockenmasse eintreten. Um solche Verhältnisse künstlich herbeizuführen, wurde das Gras während der Trocknung wiederholt mit Wasser besprengt. Das Wasser wurde mit Hilfe einer Spritzflasche, mit sehr fein ausgezogener Spritze auf das Gras zerstäubt und zwar nur so viel, dass von dem Gras kein Wasser abtropfte.

23. Versuch: 19.—27. Mai 1909.

Gras XVb. Entnommen wie Gras XVa Versuch 13 S. 86 am 19. Mai nachmittags 5 Uhr einem Rasenbeet auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing

bei München. Das Gras war schon einmal geschnitten gewesen und zeigte keine fertilen Sprosse.

Das Wetter war während des Schnittes warm; abends trat ein Regen ein; es folgten einige kühle, trübe Tage.

Die Heuwerbung geschah in der wiederholt angegebenen Weise (Versuch 8, 10, 22 S. 81, 83, 96), auf einem Schubbrett vor einem nach Süden gerichteten Fenster eines Sammlungsraumes der landwirtschaftlichen Zentralversuchsstation in München.

	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27. Mai
Tagestemperatur	13.7	15.2	15.4	15.8	18.9	17.8	18.9	10.8	10.0° C.
Relative Feuchtigkeit . .	61	56	57	74	60	74	67	81	81

Das Gras wurde (im Gegensatz zu Gras XVa in Versuch 13 S. 86) täglich einmal besprengt.

Angewendete Menge des frischen Grases				285.00 g
Trockenmasse	„	„	„	25.29 %
Wassergehalt	„	„	„	74.71 „

Tag	Stunde	Dauer des Versuches h	Temperatur °	Gras XVb besprengt: Verlust von 100 g frischen Grases	Gras XVb besprengt: Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %	Gras XVa nicht besprengt: Verlust von 100 g frischen Grases	Gras XVa nicht besprengt: Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
19. Mai	5	Beginn	27	—	—	—	—
20. „	5	24	18	4.15	5.6	9.04	12 1
21. „	5	48	18	9.16	12.3	16.77	22.4
22. „	5	72	19	9.19	12.3	25.98	34.8
23. „	5	96	19	11.58	15.5	36.33	48.5
24. „	5	120	18	17.96	24.0	44.33	59.3
25. „	12	139	22	22.28	29.8	50.24	67.2
26. „	12	163	23	26.29	35.4	55.50	74.3
27. „	12	187	12	31.57	42.5	60.52	81.0

Vermutetes Ende der Trockensubstanzveränderungen oder Versuchsabschluss nach	8 d	8 d
Trockenmasse sollte sein	25.29 %	25.29 %
Trockenmasse gefunden	22.45 „	22.97 „
Differenz:	— 2.84 %	— 2.32 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von	— 11.23 „	— 9.17 „

24. Versuch: 25. August bis 4. September 1908.

Gras Xd und e. Entnommen wie Gras Xa—c Versuch 8, 9 und 12 S. 81, 82 und 85 am 25. August abends 5 Uhr dem Rasenbeet beim Wärterhaus im Botanischen Garten in München, nachdem das Gras nicht mehr feucht war. Der Rasen war vorher wiederholt beschnitten worden. Fertile

Sprosse waren nicht entwickelt, weshalb die botanische Bestimmung der Bestandteile der Grasnarbe unterblieb. Klee und Unkraut fand sich nur in geringer Menge vor.

Das Wetter war kühl und trüb.

Die Heuwerbung geschah zum Schutz vor dem zu erwartenden Regen auf einem Schubbrett vor dem nach Süden gelegenen offenen Fenster eines Sammlungsraumes der Landwirtschaftlichen Zentralversuchsstation in München. Das Brett, auf dem die Proben lagen, wurde bei Regen und für die Nacht hinter das Fenster in den Sammlungsraum hereingezogen. Während des vorübergehend auftretenden Sonnenscheins wurden die Proben ebenfalls in den Raum zurückgezogen.

Die Besprengung geschah wie bei Versuch 23 S. 98 und zwar gleichfalls täglich einmal.

Bei Gras Xe wurden vom 7. Tage an kleine Partien mit Schimmelbildung beobachtet, welche jeweils entfernt, im Vakuum getrocknet und am Schluss dem getrockneten Gras wieder zugegeben wurden. Zum Vergleich sind in der folgenden Tabelle die Versuche 8, 9 und 12 beigefügt.

	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31. Aug.	1.	2.	3.	4. Sept.
Tagestemp. .	16.2	16.7	18.0	18.3	15.4	11.5	12.3	13.8	10.7	9.5	8.9° C.
Relative Feuchtigkeit	81	71	66	74	86	96	79	62	80	86	98

Trockenmasse des frischen Grases . . 21.42 %
Wassergehalt „ „ „ . . 78.58 „

Gras No.				Xa.		Xb.		Xc.		Xd.		Xe.	
Behandlung				Unbesprengt:						Besprengt:			
Angewendete Menge g				187		229		371		175		387	
Tag	Stunde	Versuchsdauer d	Temperatur °	Verlust von 100 g frischen Grases	Von der Gesamtfeuchtigkeit %	Verlust von 100 g frischen Grases	Von der Gesamtfeuchtigkeit %	Verlust von 100 g frischen Grases	Von der Gesamtfeuchtigkeit %	Verlust von 100 g frischen Grases	Von der Gesamtfeuchtigkeit %	Verlust von 100 g frischen Grases	Von der Gesamtfeuchtigkeit %
25. Aug.	5	Beginn	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26. „	4	1	22	31.5	39.5	27.0	34.0	19.3	24.3	32 0	40 4	16 0	20.3
27. „	7	2	20	54.5	68.4	45 2	56.9	30.2	38 1	29.1	36 8	6.7	8.5
28. „	11	$2^3/_4$	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29. „	9	$4^1/_6$	18	71.1	89.2	61.0	76.7	42.9	54 1	30 8	39.0	10.3	13.1
30. „	12	$4^3/_4$	17	trocken		66.2	83.3	48.0	60.6	—	—	—	—
31. „	9	$5^2/_5$	14	—	—	trocken		56 3	71 0	47.9	60.7	26.1	33.1
1. Sept.	9	$6^2/_3$	16	—	—	—	—	64.9	81.9	49.1	62 7	Berechnung wegen Wegnahme von einigen schimmligen Partien unterlassen	
2. „	5	8	–	—	—	—	—	trocken		72.5	91.7		
3. „	4	9	15	—	—	—	—	—	—	trocken			
4. „	9	$9^2/_3$	12	—	—	—	—	—	—	—	—	abgebrochen	

Vermutliches Ende der Trockensubstanzveränderungen nach .	$3^1/_2$ d	5 d	$6^2/_3$ d	$7^1/_2$ d	10
	%	%	%	%	%
Trockenmasse sollte sein	21.42	21.42	21.42	21.42	21.42
Trockenmasse gefunden .	19.93	19.65	18.84	18.59	17.82
Differenz:	— 1.49	— 1.77	— 2.58	— 2.83	— 3.60
Das gibt bei 100 g Trockenmasse einen Verlust von . . .	— 7.00	— 8.30	— 12.00	— 13.20	— 16.80

Die beiden Versuchsreihen 23 und 24 führen zu folgenden Ergebnissen:

Unbesprengt: Versuch	Verlust von 100 g Trockenmasse	Trocknungsdauer d	Besprengt: Versuch	Verlust von 100 g Trockenmasse	Trocknungsdauer d
Versuch 13 Gras XVa	— 9.17	8	Versuch 23 Gras XVb	— 11.23	8
„ 8 „ Xa	— 7.00	$3^1/_2$	„ 24 „ Xd	— 13.20	$7^1/_2$
„ 9 „ Xb	— 8.30	5	„ 24 „ Xd	— 13.20	$7^1/_2$
„ 12 „ Xc	— 12.00	$6^2/_3$	„ 24 „ Xd	— 13.20	$7^1/_2$
„ 8 „ Xa	— 7.00	$3^1/_2$	„ 24 „ Xe	— 16.80	10
„ 9 „ Xb	— 8.30	5	„ 24 „ Xe	— 16.80	10
„ 12 „ Xc	— 12.00	$6^2/_3$	„ 24 „ Xe	— 16.80	10

Bei den besprengten Proben war durchweg der Verlust an Trockenmasse grösser, als bei den unbesprengten. Dies kommt von der Verzögerung der Trocknung. Auch hier sind die Verluste um so höher, je länger die Trocknung dauert.

Die Bestätigung dieser Ansicht gibt nachfolgender Versuch, bei dem ein plötzlich eintretender Regen eine Benetzung des Materials hervorrief, die eigentlich nicht im Versuchsplan lag.

24a. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVIIe. Entnommen wie bei Versuch 10a und 11 S. 84 am 23. Juni nachmittags 4 Uhr der Rabatte bei den Metallrahmen des Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing.

Das Gras war schon einmal geschnitten, fertile Sprosse waren nicht vorhanden. Während des Schnittes war es schwül, dann kam ein Gewitter mit Temperatursturz und nachfolgenden trüben, regnerischen Tagen. Die Trocknung geschah im Freien auf einem Schubbrette vor der Scheune des Versuchsfeldes. Bei Regen und über Nacht wurde das Gras auf den luftigen Dachboden der Scheune zurückgezogen. Die Trocknung ging etwas rascher als bei Gras XVIId S. 84 und man erwartete deshalb einen etwas geringeren Trockenmasseverlust.

Nach 5 Tagen am 28. Juni abends (und nachts) fiel Regen, weshalb alle Proben auf dem Schubbrett in den luftigen Dachboden der Scheune zurückgezogen wurden. Gras XVIIe, das schon heutrocken war, lag der Aufzugsöffnung am nächsten und wurde durch vom Winde hereingedrückte und abspritzende Regentropfen gründlich benetzt. Um zum zweitenmale trocken zu werden, brauchte es fast noch 4 Tage.

	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30. Juni	1.	2. Juli
Tagestemperatur .	12.7	13.9	13.9	13.2	13.3	15.6	13.8	10.9	10.2	10.4° C.
Relat. Feuchtigkeit	76	66	66	76	73	65	88	83	76	88

Angewendete Menge des frischen Grases 348.10 g
Trockenmasse „ „ „ 23.39 %
Wassergehalt „ „ „ 76.61 „

Tag	Stunde	Trocknungsdauer d	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
23. Juni	4	Beginn	24	—	—
24. „	9	$^3/_4$	20	—	—
25. „	4	2	12	41.83	54.6
26. „	9	$2^3/_4$	12	49.88	65.1
27. „	3	4	12	63.37	82.7
28. „	9	$4^3/_4$	12	65.67	85.7
	3	5 abends und nachts Regen	13	74.46	97.2
29. „	8	$5^3/_4$	15	durch Sprühregen benetzt	
30. „	3	7	11	56.13	73 3
1. Juli	6	8	11	60.76	79.3
2. „	4	9	11	64.87	84.7

Vermutliches Ende der Trockenmasseveränderung nach . $4^1/_3$ d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 23.39 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 21.96 „
Differenz: — 1.43 %
Das macht bei 100 g Trockenmasse einen Verlust von . — 6.11 „

Bei Gras XVIId S. 84, das etwas langsamer trocknete und erst nach $4^2/_3$ Tagen das vermutliche Ende seiner Trockenmasseveränderungen erreicht hatte, war der Verlust von 100 Trockenmasse — 7.52 %.

Bei Gras XVIIf S. 83, das etwas rascher trocknete und das vermutliche Ende der Trockenmasseverluste nach $3^2/_3$ Tagen erreicht hatte, war der Verlust von 100 Trockenmasse — 4.28 %.

Es lag also der Verlust bei dem nach der Heutrockene benetzten Gras XVIIe zwischen den Verlustgrössen, die bei etwas längerer und kürzerer Trocknungsdauer infolge der Lebenstätigkeit der Zellen bei Gras XVIId und f gefunden wurden. Das Benetzen des Heues hatte also keine besondere Verlustvermehrung zur Folge und die auf S. 101 festgestellte Verlustvermehrung durch Benetzen muss auf die Verlängerung der Lebensdauer der Zellen durch die Feuchtigkeit zurückgeführt werden.

Auch der Zerfall des Eiweisses wurde durch das Benetzen des Heus nicht vermehrt (s. S. 155). Dass dagegen schon die Entwicklung der Mikroorganismen begonnen hatte, mag aus dem erhöhten Verlust an Saccharose und Dextrose geschlossen werden (s. S. 182—187 und S. 203), ferner aus dem Lecithinverlust (s. S. 131).

Über den Einfluss grösserer Wassermengen, die ablaufen (Beregnen), s. S. 110—120.

Bei Gras Xe S. 101 war der Verlust am grössten. Das Auftreten von Schimmel legte die Vermutung nahe, dass es sich hier nebenbei noch um beträchtliche Zersetzungen handelt, die auf die Tätigkeit der Mikroorganismen zurückzuführen sind.

Es wurden deshalb Versuche angestellt, die klarlegen sollten:

g) Wie gross die Verluste durch Mikroorganismen beim trocknenden Gras sind.

Die Versuche wurden so angestellt, dass bei ein und demselben Gras XV die Bedingungen für die Entwicklung der Mikroorganismen immer günstiger gestaltet wurde. Als Vergleich diente Gras XVa, dessen Trocknungsart in Versuch 13 S. 86 geschildert wurde. Bei Gras XVb, das in Versuch 23 S. 99 beschrieben ist, wurde die Entwicklung der am Gras haftenden Kleinlebewesen durch Besprengen mit Wasser gefördert. Bei Gras XVc Versuch 25 S. 104 endlich wurde die Zahl der vorhandenen Mikroorganismen dadurch noch erheblich vermehrt, dass das Gras mit einem Heuaufguss und mit Schimmelkulturen infiziert wurde und wie bei Gras XVb ausserdem für ein

reiches Mafs an Feuchtigkeit durch tägliches Besprengen mit Wasser gesorgt wurde.

Im Anschluss daran sollten Versuche feststellen, welche Mengen an Trockenmasse überhaupt von den Mikroorganismen zerstört werden können. Verwendet wurde frisches, durch Chloroform getötetes Gras (Gras XV d Versuch 26 S. 105) und Gras, das zuerst im Vakuum bei 98° wasserfrei gemacht worden war (Gras XV e Versuch 27 S. 107). Auch in diesen beiden Fällen erfolgte künstliche Infektion mit Heuaufguss und Schimmel und ein tägliches Besprengen mit Wasser.

25. Versuch: 19.—27. Mai 1909.

Gras XV, bezeichnet c. Entnommen wie Gras XV a Versuch 13 S. 86 am 19. Mai nachmittags 5 Uhr einem Rasenbeet auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing. Die Heubereitung geschah hinter dem offenen Fenster des wiederholt genannten Sammlungsraumes. Die Fenster des Raumes waren während der Versuchsdauer Tag und Nacht offen. Die Probe wurde am ersten Tage mit einem Heuaufguss und verschiedenen Schimmelarten (Mucor, Penicilium) infiziert und täglich besprengt. Die auf diese Weise zugeführte Trockenmasse, die übrigens minimal war, wurde am Schluss in Abrechnung gebracht. Versuchsdauer wie bei Versuch 13 Gras X a und bei Versuch 23 Gras X b 8 Tage.

	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27. Mai
Tagestemperatur .	13.7	15.2	15.4	15.8	18.9	17.8	18.9	10.8	10.0° C.
Relat. Feuchtigkeit	61	56	57	74	60	74	67	81	81

Angewendete Menge des frischen Grases 357.00 g
Trockenmasse „ „ „ 25.29 %
Wassergehalt „ „ „ 74.71 „

Tag	Stunde	Dauer des Versuches d	Temperatur °	Verlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
19. Mai	5	Beginn	27	—	—
20. „	5	1	18	3.92	5.3
21. „	5	2	18	7.70	10.3
22. „	5	3	19	6.56	8.8
23. „	5	4	19	10.25	13.7
24. „	5	5	18	15.15	20.3
25. „	12	$5^3/_4$	22	19 22	25.7
26. „	12	$6^3/_4$	23	20.42	27.4
27. „	12	$7^3/_4$	—	25.55	34.2

Ende des Versuches	8^d
Trockenmasse sollte sein	25.29 %
Trockenmasse gefunden	21.93 „
Differenz:	— 3.36 %
Das gibt auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von	— 13.28 „

Das Gras war etwas vergilbt. Schimmelbildung oder eine Veränderung des Grases, die auf Bakterientätigkeit hätte schliessen lassen, war mit freiem Auge nicht wahrzunehmen. Der Geruch des Grases war nach 8^d schwach dumpf.

In der gleichen Zeit von 8^d waren also bei den drei Proben Gras XV a, b, c folgende Veränderungen eingetreten:

Versuch	Bezeichnung	Behandlung	Aussehen	Geruch	Verlust von 100 g Trockenmasse des frischen Grases
13	XV a	nur getrocknet	gute Heufarbe	schwach dumpf	— 9.17
23	XV b	besprengt	etwas vergilbt	„ „	— 11.23
25	XV c	besprengt und infiziert	„ „	„ „	— 13.28

Je mehr die Entwicklung von Kleinlebewesen begünstigt wurde, desto grösser wurden die Verluste. Doch kommen diese Verluste (2—4 %) neben den Verlusten durch die Lebenstätigkeit des Grases (9 %) erst in zweiter Linie in Betracht.

26. Versuch: 19.—27. Mai 1909.

Gras XV, bezeichnet d. Entnommen wie im obenstehenden Versuch 25 beschrieben. Um die Lebenstätigkeit der Pflanzenzellen aufzuheben, wurde in die Schachtel, in der das Gras lag, ein mit Chloroform getränkter Wattebausch gelegt und der Deckel aufgesetzt. Nach einstündiger Einwirkung des Chloroformdampfes lag das Gras schlaff (ohne Turgeszenz) in der Schachtel. Es wurde nun aus der Schachtel genommen, ausgebreitet und liegen gelassen, bis der Geruch nach Chloroform verschwunden war. Das war etwa nach einer Stunde der Fall. Dann wurde es ohne Verlust in die Schachtel zurückgegeben, besprengt und mit Heuaufguss und Schimmel wie bei Versuch 25 infiziert. Die Besprengung wurde jeden Tag wiederholt, aber täglich weniger Wasser verwendet, so dass das Gras sich langsam dem Trockenzustand nähern konnte.

Angewendete Menge des frischen Grases	239.20 g
Trockenmasse „ „ „	25.29 %
Wassergehalt „ „ „	74.71 „

Tag	Stunde	Versuchs-dauer d	Tem-peratur °	Gewichts-verlust von 100 g frischen Grases	Von der Gesamt-feuchtigkeit %
19. Mai	5	Beginn	27	—	—
20. „	5	1	18	9.75	13.1
21. „	5	2	18	18.10	24.2
22. „	5	3	19	21.49	28.8
23. „	5	4	19	25 34	33.9
24. „	5	5	18	36.83	49 4
25. „	12	$5^3/_4$	22	43.85	58.8
26. „	12	$6^3/_4$	23	50.00	67.0
27. „	12	$7^3/_4$	—	64.21	86.0

Ende des Versuchs . . . . . 8 d
Trockenmasse sollte sein . . . . . 25.29 %
Trockenmasse gefunden . . . . . 20.07 „

Differenz: — 5.22 %

Das macht auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von . — 20.60 „

Am 2. Tage war das Eintreten der Schimmelbildung bemerkbar.

Am 3. Tage war das Gras stark verschimmelt.

Am 7. Tage zu Ende des Versuchs war das Gras durch den Schimmel in eine filzige Masse verwandelt.

Die Farbe der eingefilzten Grasteile war unverändert wie bei frischem Gras. Der Geruch war unangenehm muffig.

Der Verlust an Trockenmasse war sehr hoch, nämlich 20.6 %.

Die höchsten Verluste, die bei den bisher beschriebenen Trocknungsversuchen wahrgenommen wurden, sind hierdurch noch übertroffen. Man muss aber bedenken, dass es sich hier um eine ganz aussergewöhnlich reiche Entwicklung von Kleinlebewesen handelt, wie sie selbst in den schlimmsten Fällen der Praxis nicht wohl vorkommt; bei den bisher beschriebenen Trocknungsversuchen vollends war mit Ausnahme von Versuch 24, wo es sich um stets unterdrückte Spuren handelte, ein Auftreten von Mikroorganismen mit freiem Auge überhaupt nicht festzustellen, und auch unter dem Mikroskop zeigten sich keine übermässigen Mengen von Kleinlebewesen. Deshalb ist man zu dem Schlusse genötigt, dass bei dem in der Praxis angewendeten Verfahren der Dürrheuwerbung und bei den in gleicher Weise geleiteten oben beschriebenen Versuchen die Kleinlebewesen an den Trockenmasseverlusten während des langsamen Trockenwerdens des

Grases nur einen untergeordneten Teil haben, dass vielmehr die Ursache der auftretenden Verluste in der Fortdauer der Zelltätigkeit zu suchen ist. Dies geht ja schon aus Versuch 25 hervor.

Ob dies auch für den Einfluss der Mikroorganismen bei der Aufbewahrung des Heues gilt, müsste erst noch entschieden werden. Dagegen war es noch von Interesse, festzustellen, ob künstlich (bei 98°) getrocknetes Heu von Kleinlebewesen rasch befallen wird und wie gross die dabei auftretenden Trockenmasseverluste sind.

27. Versuch: 19.—27. Mai 1909.

Gras XV, bezeichnet e. Entnommen wie Gras XVa Versuch 13 S. 86 am 19. Mai nachmittags 5 Uhr einem Rasenbeet auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing bei München.

Das Gras wurde sofort ins Vakuum gebracht und 3 Stunden lang bei 98° getrocknet. Durch Entwässerung und Einwirkung der Hitze wurden die Zellen getötet und die Eiweissstoffe denaturiert. Über Nacht wurde dann das getrocknete Gras zur Aufnahme von Feuchtigkeit einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre ausgesetzt. Am nächsten Morgen wurde es besprengt und wie Versuch 25 und 26 mit einem Heuaufguss infiziert. Die Besprengung wurde täglich wiederholt. Auf diesem leblosen Nährboden sollten die Mikroorganismen gut gedeihen.

Die Probe lag wie bei Versuch 25 und 26 innerhalb des Sammlungsraumes der Landwirtschaftlichen Zentral-Versuchsstation hinter offenem Fenster.

Angewendete Menge des frischen Grases			340.40 g
Trockenmasse	„	„	25.09 %
Wassergehalt	„	„	74.91 „

Tag	Stunde	Versuchsdauer d	Temperatur °	Gewichtsverlust von 100 g frischen Grases	Verlust von der Gesamtfeuchtigkeit %
19. Mai	9	Trocknung	—	74.91	100.0
20. „	9	Beginn	18	64.80	86.5
21. „	5	$1^1/_3$	18	67.54	90.4
22. „	5	$2^1/_3$	19	69.75	93.3
23. „	5	$3^1/_3$	19	67.36	90.0
24. „	5	$4^1/_3$	18	68.92	92.0
25. „	12	5	22	66 22	88.5
26. „	12	6	23	65.10	87.0
27. „	12	7	—	64.89	86.6

Ende des Versuches nach	7 d
Trockenmasse sollte sein	25.09 %
Trockenmasse gefunden	24.99 „
Differenz:	— 0.10 %
Das macht auf 100 g Trockenmasse einen Verlust von .	— 0.40 „

Wider Erwarten entwickelte sich während der 7 Tage keine in die Augen fallende Menge Schimmel. Auch bei Betrachtung unter dem Mikroskop waren nicht viel mehr Schimmelfäden zu sehen, als bei frischem Gras.

Die Farbe des Heues war schön grün.

Der Geruch war angenehm.

Trockenmasseverlust war so gut wie nicht eingetreten.

Dieses Ergebnis ist nicht etwa ein zufälliges. Es wurde schon früher einmal die Tatsache beobachtet, dass Kleinlebewesen auf im Vakuum bei 98° getrocknetem Gras nach Anfeuchten, Besprengen und Infizierung schlecht gedeihen. Diese Beobachtung sei angeführt als:

28. Versuch: 25. August bis 9. September 1908.

Gras Xf. Entnommen wie Gras Xa Versuch 8 S. 81 am 25. August nachmittags 5 Uhr dem Rasenbeet beim Wärterhaus im Botanischen Garten in München.

Das Gras wurde sofort ins Vakuum gebracht und 3 Stunden bei 98° getrocknet. Dann blieb es einen Tag angefeuchtet stehen und wurde darauf mit 20 ccm eines Heuaufgusses und mit Schimmelpilzen infiziert. Das Heu wurde in den folgenden 14 Tagen täglich mit Wasser besprengt.

	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31. Aug.	1. Sept.
Tagestemperatur.	16.2	16.7	18.0	18.3	15.4	11.5	12.3	13.8° C.
	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9. Sept.
Tagestemperatur.	10.7	9.5	13.3	10.8	11.5	14.2	16.3	20.8° C.

Angewendete Menge des frischen Grases	257.00 g
Trockenmasse „ „ „	21.42 %
Wassergehalt „ „ „	78.58 „
Trockenmasse nach dem Versuch . . .	19.42 „ , also nach 14 d.

Nach 7 Tagen war ein Beginn von Schimmelbildung bemerkbar.

Nach 8 Tagen war das Heu stark verschimmelt.

Nach 14 Tagen, am Ende des Versuches, war das Heu durch den Schimmel in eine filzige Masse verwandelt worden.

Die Farbe der eingefilzten Grasteile war unverändert, wie nach dem Trocknen im Vakuum (s. Versuch 26 S. 106).

Der Verlust an Trockenmasse betrug in der langen Zeit von 14 Tagen bei täglicher Besprengung nur 9.3 %.

Bei dem mit Chloroform getöteten Gras XVd war in der halben Zeit (8 d) der doppelte Verlust an Trockenmasse, nämlich 20.6 % eingetreten.

Also war auch hier die Entwicklung der Kleinlebewesen sehr verzögert worden und die schliesslichen Verluste standen hinter den zu erwartenden weit zurück.

Die Versuche mit infiziertem Gras gaben folgende Resultate:

Versuch	Bezeichnung	Behandlung	Versuchsdauer d	Durchschnittliche Temperatur °	Trockenmasse des: fr. Grases sof. im Vakuum bei 98° getrocknet %	Trockenmasse des: Grases nach der Infektion %	Ab- oder Zunahme an Trockenmasse bezogen auf 100 ursprüngliche Trockenmasse
		a) Lebendes Gras:					
25	Gras XVc	besprengt und infiziert	8	16	25.29	21.93	— 13.3
		Zum Vergleich seien die nicht infizierten Proben desselben Grases angeführt:					
23	Gras XVb	besprengt	8	16	25.29	22.45	— 11.2
13	„ XVa	nicht besprengt	8	16	25.29	22.97	— 9.2
		b) Mit Chloroform getötetes Gras:					
26	Gras XVd	besprengt und infiziert	8	16	25.29	20.07	— 20.6
		c) Im Vakuum bei 98° getötetes und getrocknetes Gras.					
27	Gras XVe	besprengt und infiziert	7	16	25.09	24.99	— 0.4
28	„ Xf	„ „ „	14	15	21.42	19.42	— 9.3

Bei langsam trocknendem Gras sind die der Tätigkeit von Mikroorganismen zuzuschreibenden Verluste an Trockenmasse sehr gering, selbst wenn man das Wachstum durch hohe Feuchtigkeit begünstigt und die Zahl der Mikroorganismen durch Impfung noch besonders vermehrt. Trotzdem erweist sich das getötete Gras als ein ausgezeichneter Nährboden für Mikroorganismen, deren Tätigkeit einen Verlust von 20.6 % in 8d zur Folge hatte.

In dem nicht abgetöteten Gras leisten eben noch die Zellen, solange sie leben, den Einbruch der Mikroorganismen energischen Widerstand, während diese, wenn das Leben in dem Gras durch Chloroform getötet ist, freies Feld haben.

Erfolgte aber durch Wasserentziehen und gleichzeitiges Erhitzen die Abtötung, so konnten die Mikroorganismen nicht, oder erst nach sehr langer Zeit zur

Wirkung kommen. Offenbar ist durch die Einwirkung der Hitze und durch die Wasserentziehung das Protoplasma in einen Zustand übergegangen, in welchem es für Mikroorganismen nur schwer aufgenommen und assimiliert werden kann. [Vgl. KELLNER (27).]

h) Verluste an Trockenmasse durch Beregnen.

Über die Entwertung des Heues durch Regen, der auf das welkende Gras oder auf Heu fällt, sind von E. SCHULZE (50), A. EMMERLING (5, 6), W. EUGLING (7), HOLDEFLEISS (18) und F. FALKE (9) Untersuchungen angestellt oder Beobachtungen mitgeteilt worden.

Soweit es sich um Untersuchungen handelt, die die Wirkung des Regens feststellen sollen, ist den Verfassern der gleiche Vorwurf zu machen, dass sie die verschieden schädigenden Wirkungen nicht trennen und infolgedessen nur die eigentlich ziemlich allgemein anerkannte Tatsache bestätigen, dass lang andauernder Regen das Heu verdirbt. HOLDEFLEISS (18) nimmt in dieser Beziehung eine besondere Stellung ein. Er bestreitet nicht, dass längeres Regenwetter dem Heu ungeheuren Schaden zufügen kann. Dagegen soll ein bald vorübergehender Regen der Heuwerbung geradezu nützlich sein, infolge verfeinernder Gärungen, die die Feuchtigkeit verursacht. Von diesen bis jetzt von anderer Seite nicht nachgeprüften, sicher beachtenswerten Beobachtungen war schon S. 73 und 74 die Rede. „Es regnet Hafer ins Heu", wie er drastisch einen alten Praktiker sagen lässt. Die anderen Forscher bestätigen übereinstimmend die nachteilige Wirkung des Regens, beschäftigen sich aber mit den Wirkungen so grosser Regenmengen, dass in diesen Feststellungen kein Widerspruch mit HOLDEFLEISS's Auffassung liegt. E. SCHULZE (50) und W. EUGLING (7) zeigen, wie das Aufbringen trocknender Grünfuttermittel auf Reiter die schädliche Einwirkuug des Regens vermindert. Aus den angeführten Zahlen bestätigt sich aber die auch von anderen Beobachtern mitgeteilte Erscheinung, dass bei andauerndem Regen alle Nährstoffgruppen Verluste erleiden und dass der prozentische Gehalt des verregneten Heus an Rohfaser infolgedessen steigt.

Auch FALKE (9) zeigt nur den Gesamtverlust durch Beregnen, ohne zu beabsichtigen, die Einzelursachen des Verlustes klarzulegen.

Dagegen hat A. Emmerling in zwei Arbeiten den Einfluss des Regens auf welkende Futterpflanzen näher untersucht. In seiner ersten Arbeit ([5]) stellte er übereinstimmend mit meinen folgenden Beobachtungen fest, dass aus frischem Gras nur sehr wenig ausgewaschen wird.

In der zweiten Arbeit ([6]) verfolgt er die Gesamtverluste und die Verluste der einzelnen Nährstoffe und berechnet den Geldwert des Verlustes. Leider wurden die Einzelursachen der Verluste auch hier nicht untersucht, obwohl in der ersten Arbeit ein Teil der Frage schon gelöst war und in der Vorrede zur zweiten Arbeit die Ursachen der Verluste klar auseinandergelegt wurden.

Die nachfolgenden Versuche sollen nun neben dem Gesamtverlust durch Beregnen in verschiedenen Stadien des Welkens vor allem feststellen, wie die mit dem Regen zusammentreffenden anderen Ursachen von Trockenmasseverlusten zu dem „Gesamtverlust durch Beregnen“ beitragen.

Zu den Versuchen wurde Gras frisch, in verschiedenen Stadien des Welkens, und als Heu in das S. 61 beschriebene Gefäss gebracht und mit einer Wassermenge besprengt, die einer Regenmenge von 9.14 mm — der durchschnittlichen Regenmenge Münchens in den Erntemonaten – entsprach. Die Wassermenge für den Tag betrug 800 ccm. Sie wurde mittels einer Spritzflasche mit sehr fein ausgezogener Spitze auf das dicht geschichtete Gras gesprengt und zwar derart, dass im Laufe der 1.—9. Stunde des Tages 600 ccm aufgespritzt wurden, während 200 ccm mit grossen Pausen auf den Rest des Tages und der Nacht verteilt wurden. Während der ersten 9 Stunden wurden die Besprengungen alle $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde vorgenommen. Verwendet wurde abgekochtes destilliertes Wasser. Das abfliessende Wasser wurde in einem Gefäss aufgefangen, in dem sich Choroform befand. Mussten die Wasserproben bis zur Verarbeitung einige Zeit stehen, so wurden sie mit Chloroform wiederholt versetzt, im Eisschrank aufbewahrt und täglich mindestens zweimal umgeschüttelt. Bestimmt wurde:

A. Im künstlich beregneten Gras die Trockenmasse und in einem Kontrollversuch die Trockenmasse des frischen Grases.

B. Im abgelaufenen Regenwasser die Trockenmasse und in einigen Fällen auch der Stickstoff.

Die Regenversuche wurden ausgeführt mit frischem Gras, mit welkendem Gras in verschiedenen Welkungsstadien, mit Heu und mit im Vakuum getrocknetem Gras.

29. Versuch: 18. September 1908.

Gras XIa. Entnommen am 18. September vormittags 10 Uhr einem Rasenbeet vor dem Wärterhaus im Botanischen Garten in München.

Das frische Gras wurde in der beschriebenen Weise künstlich beregnet. Die Beregnung verteilte sich auf 24 Stunden.

	18. Sept.	19. Sept.
Tagestemperatur	12.4° C.	10.7° C.
Angewendete Menge des frischen Grases . .	264.42 g	
Trockenmasse „ „ „ . .		17.42 %
Trockenmasse des Grases nach dem Beregnen		16.85 „
	Differenz:	0.57 %
Verlust auf 100 g Trockenmasse		3.40 „
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer .		0.20 „
Verlust durch Veratmen während 24 Stunden		3.20 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse = 17.5 mg.

Der Verlust durch Auswaschen betrug 0.2 % der Trockenmasse.

Die 3.2 % Verluste durch die Zelltätigkeit entsprechen annähernd den schon früher festgestellten Verlusten.

30. Versuch: 18.—20. September 1908.

Gras XIb. Entnommen wie Gras XIa bei Versuch 29 dem Rasenbeet vor dem Wärterhaus im Botanischen Garten in München.

Das Gras wurde nach dem Schnitt sofort ins Vakuum gebracht und 3 Stunden bei 98° getrocknet. Am 19. September 1908 mittags gegen 12 Uhr wurde das künstliche Beregnen begonnen und die Wassermenge von 800 ccm wie bei Versuch 29 über 24 Stunden verteilt.

	19. Sept.	20. Sept.
Tagestemperatur	10.7° C.	10.0° C.
Angewendete Menge des frischen Grases . .	287.40 g	
Trockenmasse „ „ „ . .		17.42 %
Trockenmasse des Grases nach dem Beregnen		16.84 „
	Differenz:	0.58 %
Verlust auf 100 g Trockenmasse		3.50 „
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer .		1.90 „
	Sonstige Verluste:	1.60 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse = 40.2 mg.

Der Verlust durch Auswaschen betrug fast 2 % (1.9 %).

Die 1.6 % sonstige Verluste sind als Versuchsfehler zu betrachten.

Wie schon S. 78 erwähnt, betragen die Schwankungen bei den Umrechnungen auf 100 Trockenmasse bis zu 1,5 %.

31. Versuch: 18.—22. September 1908.

Gras XIc. Entnommen wie Gras XIa und b am 18. September vormittags 10 Uhr einem Rasenbeet vor dem Wärterhaus des Botanischen Gartens in München.

Das frische Gras wurde in der bei den Trocknungsversuchen angewendeten Art behandelt, wobei es täglich zweimal gewendet wurde. Wetter trüb und kühl.

Nach dreitägigem Welken kam das Gras im halbtrockenen Zustand in den Regenapparat und wurde in der beschriebenen Weise 1 Tag beregnet.

	18.	19.	20.	21.	22. Sept.
Tagestemperatur . . .	12.4	10.7	10.0	10.0	8.6° C.
Relative Feuchtigkeit .	82	79	81	83	96

Angewendete Menge des frischen Grases	272.66 g
Trockenmasse „ „ „	17.42 %
Trockenmasse nach 3tägigem Welken und 1 Tag Beregnen	16.16 „
Differenz:	— 1.26 %
Gesamtverlust auf 100 g Trockenmasse	7.4 „
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer	1.1 „
Verlust durch Lebenstätigkeit während 3 Tagen . . .	6.3 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockensubstanz = 40.2 mg.

Der Verlust durch Auswaschen betrug 1.1 % der Trockenmasse.

Die 6.3 % Verluste durch die Zelltätigkeit der Pflanzen innerhalb 3 Tagen entsprechen den S. 88 angeführten Erfahrungen.

Also wurde aus welkendem Gras zwar etwas mehr ausgewaschen als aus frischem Gras, doch sind das ganz unbedeutende Substanzmengen.

32. Versuch: 18.—29. September 1908.

Gras XId. Entnommen wie Gras XIa Versuch 29 S. 112 am 18. September vormittags 10 Uhr dem Rasenbeet vor dem Wärterhaus im Botanischen Garten in München.

Das frische Gras wurde in der bei den Trocknungsversuchen angewendeten Art behandelt, wobei es täglich zweimal gewendet wurde.

Wetter trüb und kühl.

Nach 10tägigem Trocknen konnte die Masse als fertiges Heu angesehen werden. Es kam in den Regenapparat und wurde, wie in Versuch 29 beschrieben, 1 Tag beregnet.

	18.	19.	20.	21.	22.	23. Sept.
Tagestemperatur . . .	12.4	10.7	10.0	10.0	8.6	10.7° C.
Relative Feuchtigkeit .	82	79	81	83	96	94

	24.	25.	26.	27.	28. Sept.
Tagestemperatur . . .	13.1	13.1	13.4	13.1	13.2° C.
Relative Feuchtigkeit .	88	89	91	87	72

Angewendete Menge des frischen Grases	214.22 g
Trockenmasse „ „ „	17.42 %
Trockenmasse nach 10tägigem Trocknen und 1tägigem Beregnen	14.93 „
Differenz:	— 2.49 %

Gesamtverlust auf 100 g Trockenmasse . . . . . 14.6 %
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer . . . . . 3.8 „
Verlust durch Lebenstätigkeit während 10 Tagen . . . . . 10.8 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse = 189 mg.

Der Verlust durch Auswaschen des Heues betrug in 1 Tag 3.8 %. Während des 10tägigen Trocknens hatte das Gras durch seine eigene Lebenstätigkeit 10.8 % vorloren, was mit den früher (S. 88) beschriebenen Beobachtungen übereinstimmt.

Aus dem Heu wurde — wie vorauszusehen war — mehr ausgewaschen wie aus dem frischen oder welkenden Gras, da bei dem frischen Gras die Benetzung wegen der zwischen den Härchen zurückbehaltenen Luft erschwert war. Durch das Austrocknen wurden in erster Linie die zarten Zellen der Härchen zum Schrumpfen gebracht. Ausserdem mögen durch das Trocknen noch andere Zellen deformiert und der auslaugenden Wirkung des Wassers zugänglich gemacht worden sein.

Die Regenversuche 19—32 geben folgende Resultate:

Versuch	Bezeichnung	Trocknungsdauer	Zustand	Durchschnittliche Tagestemperatur °	Auf 100 g Trockenmasse: Gesamtverlust	Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases	Verlust durch Auswaschung	Verlust an N von 100 g Trockenmasse mg
29	Gras XIa	0	frisch	11	3.4	3.2	0.2	18
30	„ XIb	3h	Vakuum	11	3.5	—	1.9	40
31	„ XIc	3d	welk	11	7.4	6.3	1.1	40
32	„ XId	10d	Heu	12	14.6	10.8	3.8	189

Somit ist zwar ein Trockenmasseverlust durch Auslaugen infolge der Beregnung nachgewiesen, ferner dass dieser Trockenmasseverlust um so grösser ist, je mehr das Gras sich dem Trockenzustand nähert. Ein Vergleich der Zahlen in Kolumne 7 und 8 zeigt uns aber, dass dieser Trockenmasseverlust durch Auslaugung wesentlich geringer ist, als der Trockenmasseverlust, welcher durch die noch andauernde Lebenstätigkeit der Zellen hervorgerufen ist.

33. Versuch: 14. Oktober 1908.

Gras XIIIa. Entnommen am 14. Oktober nachmittags 2 Uhr dem Rasenbeet vor dem Wärterhaus im Botanischen Garten in München.

Das frische Gras wurde in der auf S. 111 beschriebenen Weise künstlich beregnet. Die Beregnung verteilte sich auf 24 Stunden.

	14. Sept.	15. Sept.
Tagestemperatur	13.7	15.8° C.
Angewendete Menge des frischen Grases		336.79 g
Trockenmasse „ „ „		21.36 %
Trockenmasse des frischen Grases nach 1 tägigem Beregnen		20.74 „
Differenz:		— 0.62 %
Verlust auf 100 g Trockenmasse		2.9 „
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer		0.2 „
Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases während 24 Stunden		2.7 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse 2 mg.

Aus frischem Gras wird, wie sich schon bei Versuch 29 zeigte, so gut wie nichts ausgewaschen.

34. Versuch: 14.—16. Oktober 1908.

Gras XIIIb. Entnommen wie Gras XIIIa Versuch 33 (s. o.). Das Gras wurde nach dem Schnitt sofort ins Vakuum gebracht und 3 Stunden bei 98° getrocknet. Am 15. Oktober nachmittags wurde mit dem künstlichen Beregnen begonnen und wie bei den früheren Versuchen eine Wassermenge von 800 ccm innerhalb 24 Stunden auf das Gras gespritzt.

	15. Okt.	16. Okt.
Tagestemperatur	12.2	11.1° C.
Angewendete Menge des frischen Grases		338.84 g
Trockenmasse „ „ „		21.36 %
Trockenmasse des vakuumtrockenen Heues nach 24stündigem Beregnen		20.70 „
Differenz:		— 0.66 %
Das gibt Verlust auf 100 g Trockenmasse		3.6 „
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer		2.4 „
Sonstige Verluste		1.2 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse 10 mg.

Der Verlust durch Auswaschen betrug fast $2^1/_2$ %.

Die auch diesmal (vgl. Versuch 30 S. 112) wieder auftretenden „sonstigen Verluste“ entspringen einer unbekannten gemeinsamen kleinen Fehlerquelle.

35. Versuch: 14.—20. Oktober 1908.

Gras XIII c. Entnommen wie Gras XIII a S. 115 am 14. Oktober nachmittags 2 Uhr dem Rasenbeet vor dem Wärterhaus im Botanischen Garten in München.

Das frische Gras wurde in der bei den Trocknungsversuchen angewendeten Art behandelt, wobei es täglich 2 mal gewendet wurde.

Wetter veränderlich, anfangs heiter und warm, später bewölkt und kühl. Vom 19. Oktober an lag das Gras wegen der eintretenden Fröste in einem ungeheizten Zimmer (etwa 11°). Nach 5tägigem Welken kam das Gras im halbtrockenen Zustand in den Regenapparat und wurde in der auf S. 111 beschriebenen Weise 1 Tag beregnet.

	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20. Okt.
Tagestemperatur . .	13.7	12.2	10.0	10.7	10.0	11.0	11.0° C.
Relat. Feuchtigkeit	71	80	85	84	82	—	—

Angewendete Menge des frischen Grases	308.11 g
Trockenmasse . „ „ „	21.36 %
Trockenmasse nach 5tägigem Welken und 1 Tag Beregnen	18.86 „
Differenz:	— 2.50 %
Das gibt auf 100 Trockenmasse einen Verlust von . .	11.7 „
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer	1.4 „
Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases während 5 Tagen	10.3 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse 13 mg.

Der Verlust durch Auswaschen betrug 1.4 %.

Der Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases während 5 Tagen betrug 10.3 %.

Also wurde auch hier wie in Versuch 31 S. 113 aus welkendem Gras zwar etwas mehr ausgewaschen als aus frischem Gras, doch sind das ganz unbedeutende Substanzmengen.

36. Versuch: 14.—22. Oktober 1908.

Gras XIII d. Entnommen und dem Welken überlassen wie Gras XIII c Versuch 35. Wetter veränderlich, anfangs heiter, später bewölkt und kühl. Nach 7tägigem Welken kam das Gras in fast trockenem Zustand in den Regenapparat und wurde in der auf S. 111 beschriebenen Weise 1 Tag beregnet.

	14.	15.	16.	17.	18.	19.—22. Okt.
Tagestemperatur . .	13.7	12.2	10.0	10.0	10.0	etwa 11.0° C.
Relative Feuchtigkeit	70	77	82	80	80	

Angewendete Menge des frischen Grases	273.39 g
Trockenmasse „ „ „	21.36 %
Trockenmasse nach 7tägigem Welken und 1 Tag Beregnen	18.53 „
Differenz:	— 2.83 %

Das gibt auf 100 Trockenmasse einen Verlust von . . 13.3 %
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer . . . . . 1.9 „
Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases während 7 Tagen . . . . . 11.4 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse 25 mg.

Der Verlust durch Auswaschen betrug 1.9 %.

Der Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases während 7 Tagen betrug 11.4 %.

Das Gras war in der Welkung weiter fortgeschritten, als Gras XIII c. Die Menge der auswaschbaren Substanzen war grösser als bei dem weniger welken Gras.

37. Versuch: 14.—27. Oktober 1908.

Gras XIII e. Entnommen und dem Welken überlassen, wie Gras XIII c Versuch 35.

Nach 12 Tagen kam das Gras in heutrockenem Zustand in den Regenapparat und wurde in der auf S. 111 beschriebenen Weise 1 Tag beregnet.

	14.	15.	16.	17.	18.	19.—27. Okt.
Tagestemperatur . . .	13.7	12.2	10.0	10.7	10.0	etwa 11° C.
Relative Feuchtigkeit .	71	80	85	84	82	—

Angewendete Menge des frischen Grases . . . . . 317.50 g
Trockenmasse „ „ „ . . . . . 21.36 %
Trockenmasse des daraus in 12 Tagen bereiteten Heues nach 1tägigem Beregnen . . . . . 18.21 „
Differenz: — 3.15 %
Das gibt auf 100 Trockenmasse einen Verlust von . . 14.8 „
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer bezogen auf 100 Trockenmasse . . . . . 2.8 „
Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases während 12 Tagen . . . . . 12.0 %

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse 43 mg.

Der Verlust durch Auswaschen betrug 2.8 %.

Der Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases während 12 Tagen betrug 12 %.

Auch hier bestätigte sich die Beobachtung von Versuch 32, dass aus Heu durch Beregnen mehr ausgewaschen werden kann, als aus frischem oder welkendem Grase.

38. Versuch: 14.—27. Oktober 1908.

Gras XIII f. Entnommen und zu Heu bereitet wie Versuch 14 S. 87 beschrieben. Im Gegensatz zu Versuch 37, der gleichfalls mit Heu ausgeführt worden war, wurde das fertige Heu vor dem Beregnen zuerst im Vakuum bei 98° getrocknet und die Trockenmasse bestimmt. Dies sollte

den Zweck haben: 1. Die bisher nur aus der Differenz errechneten Verluste durch die Lebenstätigkeit des Grases durch einen Versuch nachzuprüfen.

2. Für das folgende Beregnen die zersetzende Tätigkeit der Mikroorganismen auf dem Gras nach Möglichkeit zu vermindern. Die künstliche Beregnung geschah wie in allen früheren Regenversuchen natürlich auch hier mit ausgekochtem destilliertem Wasser.

Zu 1. Trockenmasseverlust beim Trocknen in 12 Tagen:

	14.	15.	16.	17.	18.	19.—27. Okt.
Tagestemperatur . . .	13.7	12.2	10.0	10.7	10.0	etwa 11° C.
Relative Feuchtigkeit .	71	80	85	84	82	—

Angewendete Menge des frischen Grases . . . . . 338.40 g
Trockenmasse „ „ „ . . . . . 21.36 %
Trockenmasse des nach 12 Tagen zu Heu gewordenen Grases 18.66 „
Differenz: — 2.70 %

Das gibt bei 100 Trockenmasse einen durch die Lebenstätigkeit des Grases verursachten Verlust von . . . 12.6 „

Bei Versuch 37, wo das Gras unter den gleichen Bedingungen trocknete, errechnete sich der Verlust nach dem Beregnen auf 12.0 %.

Das bildet eine Bestätigung für die Richtigkeit der zur Feststellung der Beregnungsverluste angewendeten Methode.

Zu 2:

Trockenmasse der vereinigten Waschwässer bezogen auf 100 Trockenmasse . . . . . 3.2 %
Im Versuch 37, der unter gleichen Bedingungen ausgeführt wurde, betrug die Trockenmasse der Waschwässer . 2.8 „
Differenz: 0.4 %

Diese 0.4 %, die der Zersetzung durch Mikroorganismen zugeschrieben werden müssten, sind unbedeutend und können ebenso gut als Versuchsfehler angesehen werden. Jedenfalls ist der Fehler, der durch die Tätigkeit von Mikroorganismen bei obigen Versuchen entstehen konnte, gering.

Milligramm N in den vereinigten Waschwässern bezogen auf 100 g Trockenmasse 48 mg.

Der Verlust durch Auswaschen betrug also . . . . . 3.2 %
Der Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases während 12 Tagen betrug . . . . . 12.6 „
Gesamtverlust: 15.8 %

Die Versuche mit Gras XIII, das in verschiedenen Trocknungsstadien 1 Tag beregnet wurde, ergaben folgende Resultate:

(Siehe die Tabelle auf S. 119).

Somit sind die Beobachtungen und Schlussfolgerungen von Versuch 29—32 S. 112—114 bestätigt.

Versuch	Bezeichnung	Trocknungsdauer d	Durchschnittliche Tagestemperatur °	Auf 100 g Trockenmasse: Gesamtverlust	Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases	Verlust durch Auswaschung
33	Gras XIII a	frisch	14	2.9	2.7	0.2
34	„ XIII b	Vakuum	12	3.6	—	2.4
35	„ XIII c	5	11	11.7	10.3	1.4
36	„ XIII d	7	11	13.3	11.4	1.9
37	„ XIII e	12	11	14.8	12.0	2.8
38	„ XIII f	12	11	15.8	12.6	3.2

Beregnen des Heus länger als 1 Tag.

39. Versuch: 14. Oktober bis 3. November 1908.

Gras XIII g. Entnommen wie Gras XIII a Versuch 33 und zu Heu geworden in 12 Tagen wie Gras XIII e Versuch 37.

Am 13. Tage wurde das Heu in der auf S. 111 beschriebenen Weise mit 800 ccm Wasser beregnet, dann in weiteren darauffolgenden 7 Tagen täglich mit 200 ccm Wasser besprengt.

Angewendete Menge des frischen Grases	282.59 g
Trockenmasse „ „ „	21.36 %
Trockenmasse nach 12tägigem Welken und 8 tägigem Beregnen	14.03 „
Differenz:	— 7.33 %
Das gibt auf 100 Trockenmasse einen Verlust von . .	34.3 „
Trockenmasse der vereinigten Waschwässer	5.5 „
Verlust durch die Lebenstätigkeit des trocknenden Grases und durch Mikroorganismen	28.8 %

Bei den unter gleichen Bedingungen getrockneten Gräsern XIII e und f betrug der gefundene Verlust an Trockenmasse 12.3 %. Die Differenz von 16.5 % fällt demnach der Tätigkeit der Mikroorganismen zu. Das ist begreiflich, denn das Heu war in den 8 Tagen des Beregnens ganz schmierig (rotzig) geworden.

Dieser Verlust nähert sich dem Verlust, den das mit Chloroform getötete frische Gras XV d S. 106 in 8 Tagen durch Mikroorganismen erlitten hatte, nämlich 20.6 %, aber die Zersetzungsvorgänge waren anderer Art (schimmlig im Gegensatz zu schmierig), wohl infolge der Tätigkeit anderer Mikroorganismen.

Versuch	Bezeichnung	Zustand	Trocknungsdauer d	Durchschnittliche Tagestemperatur °	Auf 100 g Trockenmasse: Gesamtverlust	Verlust durch die Lebenstätigkeit des Grases	Verlust durch Auswaschung
29	Gras XIa	frisch	—	11	3.4	3.2	0.2
33	„ XIIIa	„	—	14	2.9	2.7	0.2
31	„ XIc	welkend	3	11	7.4	6.3	1.1
35	„ XIIIc	„	5	11	11.7	10.3	1.4
36	„ XIIId	„	7	11	13.3	11.4	1.9
30	„ XIb	Vakuum trocken	—	11	3.5	—	1.9
34	„ XIIIb	„	—	12	3.6	—	2.4
32	„ XId	Heu	10	12	14.6	10.8	3.8
37	„ XIIIe	„	12	11	14.8	12.0	2.8
38	„ XIIIf	„	12	11	15.8	12.6	3.2
39	„ XIIIg	„	12 und 8 Tage Regen	11	34.3	[12.3]	5.5

Hieraus ergibt sich, dass entgegen der allgemein verbreiteten Meinung der Grund der Verluste und der Verschlechterung des Heues infolge Beregnen des trocknenden Grases nicht darin liegt, dass durch das Wasser Nährstoffe in namhafter Menge ausgewaschen werden, sondern darin, dass, bis ein gewisser Grad der Trocknung erreicht ist, das Gras seine eigenen Stoffe verbraucht, und dass dann noch dazu, wenn nach dem Erlöschen der Lebenstätigkeit Mikroorganismen freies Feld haben, diese weitere Zersetzungen und Verluste herbeiführen und das Heu noch mehr verschlechtern.

Auf Grund der vorstehenden Beobachtungen über die Verluste an Trockenmasse bei der Dürrheubereitung unter verschiedenen äusseren Bedingungen ziehe ich nachstehende Schlussfolgerungen.

1. Wird das Gras am Tage des Schnittes durch die Sonnenwärme trocken, so findet ein Verlust an Trockenmasse nicht statt. Im Gegenteil war bei nicht zu raschem Trocknen in ununterbrochenem starkem Sonnenschein eine geringe Gewichtszunahme eingetreten (S. 77).
2. Erstreckt sich das Trocknen im Sonnenschein über Tage hin, so tritt immer Abnahme an Trockenmasse ein,

die um so grösser ist, je länger die Trocknung dauert und je höher die Temperatur ist (S. 81).

3. Bei langsamem Trocknen bei bewölktem Himmel treten stets Verluste ein (4—13 % der Trockenmasse in 3—10 Tagen). Die Verluste sind im allgemeinen um so grösser, je länger das Gras zum Trocknen braucht. Die Dauer des Trocknens und somit der Trockensubstanzverlust ist um so grösser, je höher das Gras geschichtet ist (S. 88).
4. Bei langsamem Trocknen im Schatten bei höherer Temperatur (Schwüle) treten höhere Verluste ein (5—18.9 % der Trockenmasse in 2—5 Tagen) als bei langsamem Trocknen bei geringerer Wärme.
   Die Verluste sind auch hier um so grösser, je länger das Gras zum Trocknen braucht. Die Dauer des Trocknens und damit der Trockenverlust ist um so grösser, je höher das Gras geschichtet ist (S. 93).
5. Es ergibt sich somit aus den Versuchen S. 81—93, dass bei langsamem Trocknen des Grases sowohl bei natürlicher, als auch bei künstlicher Beschattung Verluste an Trockenmasse eintreten und dass diese Verluste um so grösser sind,
   a) je länger die Trocknung dauert,
   b) je höher die beim Trocknen herrschende Temperatur ist (S. 93).
6. Verluste an Trockenmasse hören schon auf, bevor die richtige Heutrockenheit eingetreten ist. Nachdem das Gras ungefähr 87 % seines ursprünglichen Wassergehalts verloren hatte und somit auf einen Wassergehalt von etwa 38 % gebracht war, stellten sich bei weiterem Trocknen keine Verluste an Trockenmasse mehr ein (S. 98).
7. Bei den besprengten Proben war durchwegs der Verlust an Trockenmasse grösser, als bei den unbesprengten. Dies kommt von der Verzögerung des Trocknens. Auch hier sind die Verluste höher, je länger die Trocknung dauert (S. 101).
8. Je mehr die Entwicklung von Kleinlebewesen begünstigt wird, desto grösser werden die Verluste. Doch kommen diese Verluste (2—4 %) neben den Verlusten durch die Lebenstätigkeit des Grases (9 %) erst in zweiter Linie in Betracht (S. 105).

Bei dem in der Praxis angewendeten Verfahren der Dürrheubereitung haben die Kleinlebewesen an den Trockenmasseverlusten während des langsamen Trocknens des Grases nur einen untergeordneten Anteil (S. 106—107).

9. Selbst wenn man das Wachstum der Mikroorganismen durch hohe Feuchtigkeit begünstigt und die Zahl der Mikroorganismen durch Infizierung des Grases noch erhöht, sind bei langsam trocknendem Gras die der Tätigkeit von Mikroorganismen zuzuschreibenden Verluste an Trockenmasse gering.

   Dem gegenüber erweist sich getötetes Gras als ein ausgezeichneter Nährboden für Mikroorganismen, deren Tätigkeit einen Verlust von 20.6 % in 8 Tagen zur Folge hatte.

   In dem nicht getöteten Gras leisten eben noch die Zellen, solange sie leben, dem Einbruch von Mikroorganismen energischen Widerstand, während diese, wenn das Leben in dem Gras z. B. durch Chloroform erloschen ist, freies Feld haben.

   Erfolgte aber durch Wasserentziehung und gleichzeitiges Erhitzen die Abtötung, so konnten trotz gründlicher Befeuchtung die aufgeimpften Mikroorganismen nicht, oder erst nach sehr langer Zeit zur Wirkung kommen. Offenbar ist durch die Einwirkung der Hitze und durch die Wasserentziehung das Protoplasma in einen Zustand übergegangen, in welchem es von Mikroorganismen nur schwer aufgenommen werden kann (S. 109).

10. Durch Auslaugen infolge der Beregnung wurde gleichfalls ein Trockenmasseverlust nachgewiesen, ferner, dass dieser Trockenmasseverlust um so grösser ist, je mehr das Gras dem Trockenzustand sich nähert.

    Ein Vergleich der Grösse der Verluste durch Lebenstätigkeit des Grases und durch Auswaschen zeigt aber, dass der Trockenmasseverlust durch Auswaschen bedeutend geringer ist, als der Trockenmasseverlust, welcher durch die noch andauernde Lebenstätigkeit der Zellen hervorgerufen wird (S. 114).

    Der Grund der Verluste und der Verschlechterung des Heues infolge Beregnung während der Heubereitung liegt

nicht darin, dass durch das Wasser Nährstoffe in namhafter Menge ausgewaschen werden, sondern dass, bis ein gewisser Grad der Trocknung erreicht ist, das Gras seine eigenen Stoffe verbraucht und dass dann noch dazu, wenn nach dem Erlöschen der Lebenstätigkeit Mikroorganismen freies Feld haben, diese weitere Verluste und Zersetzungen herbeiführen und das Heu noch mehr entwerten. Erst in diesem Zustand beginnen die Verluste durch Beregnung (Auswaschung) bedeutend zu werden (S. 120).

B. Welche Stoffgruppen erleiden bei der Dürrheubereitung Zersetzungen und Verluste.

Nachdem bewiesen war, dass bei der Überführung des Grases in Heu selbst unter günstigen Verhältnissen bemerkbare, unter ungünstigen Verhältnissen aber sehr beträchtliche Verluste eintreten, war es von Interesse, zu erfahren, welche Stoffgruppen an diesen Verlusten beteiligt sind und ob nebenbei Umsetzungen eintreten, welche den Wert des zu gewinnenden Heues besonders herabsetzen. Vor allem war das Augenmerk auf das

Lecithin

zu richten, das im pflanzlichen und tierischen Organismus eine bedeutende Rolle spielt und an allen physiologischen Vorgängen regen Anteil nimmt ([28], [44]). Die Bedeutung des Lecithins für den Lebensgang der Pflanze geht schon daraus hervor, dass sich im reifenden Samen ein Vorrat von Lecithin für den Beginn des neuen Lebens anspeichert ([79]). Die grösste Anzahl von Lecithinbestimmungen in Pflanzenteilen wurde auch an Samen ausgeführt, besonders von Schulze ([52–57]) und seinen Schülern ([58–69], [95–99]). Die Samen erwiesen sich dabei als sehr lecithinreiche Pflanzenteile. Weit weniger Bestimmungen sind in grünen Teilen der Pflanze ausgeführt worden. Es fanden Lecithinphosphorsäure, berechnet als P_2O_5, in 100 Trockenmasse

		In Knospen:	
Schulze ([59]):	in Blattknospen	der Birne	0.046,
„	„	„ Hasel	0.064,
„	„	des Ahorns	0.055.
Stoklasa ([77]):	„	„ der Rosskastanie	0.040,
„	„	„ Esche	0.028.

In Blättern:

STOKLASA (77): in Blättern von Rosskastanie 0.068,
„ „ „ Esche . . . . . 0.083.

In Futterpflanzen:

STOKLASA (77): in jungen Blättern von Beta vulgaris 0.082,
„ älteren „ „ „ „ 0.090,
„ vergilbten „ „ „ „ 0.013,
„ albikaten „ „ „ „ 0.019,
„ Blättern der roten Salatrübe 0.035,
„ Halmen } des Hafers z. Zt. der Blüte . . . . . { 0.037,
„ Blättern } { 0.068.
SCHULZE (59): „ jungem Gras 0.036,
„ jungen Wickenpflanzen . . . . . 0.090.

Dem gegenüber ergaben die Lecithinbestimmungen nach dem auf S. 47 beschriebenen Verfahren, wie voraus zu sehen war (s. S. 31—47), etwas höhere Resultate. Es fanden sich Lecithinphosphorsäure, berechnet als P_2O_5, in 100 Trockenmasse:

In den Futterpflanzengemischen von Wiesen und Beeten noch nicht blühend oder wiederholt geschnitten:

In Gras, bezeichnet XV, 19. Mai 1909 . . . . . 0.064,
„ „ „ XVII, 23. Juni 1909 . . . . . 0.103,
„ „ „ XIV, 20. Oktober 1908 . . . . . 0.095.

In reinen Gräsern:

In Gras, bezeichnet I, Poa pratensis vor der Blüte, 19. Mai 1908 . 0.112,
„ „ „ II, Poa pratensis in der Blüte, 2. Juni 1908 . 0.093,
„ „ „ XVI, Festuca pratensis vor der Blüte, 2. Juni 1909 0.070,
„ Lolium italicum nach der Blüte, 11. September 1907 . . . . . 0.082,
„ Dactylis glomerata nach der Blüte, August 1908 . . . . . 0.078.

In sonstigen Futterpflanzen:

In Onobrychis sativa in der Blüte, 5. Juni 1907 . . . . . 0.099,
„ Bockshornklee, 1. Oktober 1907 . . . . . 0.065,
„ Poterium officinale, 29. Oktober 1906 . . . . . 0.094,
„ Blattspreiten von Beta vulgaris, 6. November 1906 . . . . . 0.150.

Bei der Keimung im Dunkeln (etiolierte Keimlinge) nimmt nach SCHULZE (54, 65, 66) der Lecithingehalt stets ab. STOKLASA (78) hat das bestätigt und es ist nur eine Beobachtung bekannt, wo Lecithin beim Keimen unter Lichtabschluss zunahm [FRANKFURT (11)]. Dagegen ist übereinstimmend eine Zunahme der Lecithinmenge beim Keimen am Licht beobachtet worden, so von MAXWELL (37) und von STOKLASA (79). Das Lecithin befindet sich dann in grösster Menge in den grünen Blättern, wandert aber von dort bei der Samenbildung nach den Samen

[Stoklasa ([76], [80])]. Stoklasa hat auch eine Reihe von Fällen festgestellt, unter denen die Lecithinmenge abnahm. So fand er Lecithinabnahme während der Nacht ([81]), beim Etiolieren der Blätter durch Lichtabschluss ([83]) und beim Vergilben der Blätter ([82]).

Die Beobachtung, dass Lecithin aus den Blättern nach den Samen zuwandert, die nach der Reife abfallen und auch vorher beim Trocknen der Pflanzen leicht verloren gehen, ist ein Grund mehr, den Schnitt des Grünfutters zur Dürrheubereitung spätestens mit Beginn der Blüte vorzunehmen und bei der Heuwerbung zu trachten, dass von den spröden, zarteren Teilen nichts verloren geht.

Da das Trocknen des Grases bei der Heuwerbung auch über Nächte sich erstreckt und das Absterben langsam vor sich geht, so lag die Frage nahe, ob die lecithinzerstörenden Wirkungen, die Stoklasa bei Abwesenheit des Lichtes (Etiolieren, Nacht) beobachtet hatte, auch bei der Heuwerbung sich zeigen.

Ein orientierender Versuch mit gelagertem Heu gab wesentlich geringere Mengen Lecithin, als man sie nach dem Lecithingehalt des frischen Grases hätte erwarten sollen.

Heu A von der Milchkuranstalt Erlenmayer in München, Herbst 1908. Duftendes, nach Sinnenurteil vorzügliches Wiesenheu vom 1. Schnitt mit Klee- und Grasblüten, ziemlich kleereich. Untersucht etwa 5 Monate nach der Werbung.

Lecithinphosphorsäure = ätherlöslicher Teil des Extraktes mit wasserhaltigem (89—92 Gew.-%) Alkohol aus dem feinst gemahlenen Heu (s. S. 47) 0.0188 % P_2O_5 auf 100 Trockenmasse.

Dagegen hatte frisches Gras stets Werte gezeigt, die in der ersten Dezimale standen, oder sich doch der ersten Dezimale näherten, z. B.:

Gras XIV, entnommen am 20. Oktober 1908 dem Rasenbeet vor dem Wärterhaus des botanischen Gartens in München, enthielt 0.1200 % P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.

Gras XV, das in frischer Form den niedersten beobachteten Gehalt an Lecithinphosphorsäure hatte (s. S. 132), enthielt 0.0636 % P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.

Dieser augenfällige Unterschied in dem Lecithingehalt des frischen Grases und des Heues gab Veranlassung, nachzuforschen,

wann die Verluste an Lecithin eintreten: ob schon bei der Heu werbung, oder erst beim Lagern des Heues im Stock. Wahrscheinlicher war die erste Annahme; aber auch die zweite konnte nicht ohne weiteres abgewiesen werden, da das Heu im Stock keineswegs ein unveränderliches Material darstellt.

Die Lecithinbestimmung geschah in der S. 47 angegebenen Weise. Die Prozentzahlen beziehen sich auf 100 Trockenmasse.

41. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI, bezeichnet d. Entnommen einem Grasbeet auf dem Versuchsfeld in Obermenzing am 2. Juni vormittags gegen 12 Uhr, wie in Versuch 7 S. 80 beschrieben. Das Gras bestand fast nur aus Festuca pratensis.

Das Gras trocknete 2 Tage im Sonnenschein; das Heu roch angenehm und hatte eine schöne Farbe.

Durchschnittliche Lufttemperatur 22° C.

Gras XVI, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.0702 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVI, bezeichnet d, sonnentrocken, enthielt 0.0717 % . . . . . }

Also fand bei 2tägigem Trocknen im Sonnenschein kein Abbau von Lecithin statt.

42. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI, bezeichnet a. Entnommen wie bei Versuch 41. Das Gras wurde, um die Einwirkung schwüler Hitze zu zeigen, in ein geschlossenes Treibhaus gebracht, das während der 2 Trocknungstage von der Sonne stark beschienen wurde. Im Treibhaus herrschte tagsüber eine Temperatur bis zu 40° C. Die Trocknung nahm wegen des hohen Wassergehaltes der Luft 2 Tage in Anspruch. Das getrocknete Gras hatte einen ungewohnten Geruch und war nicht so schön in der Farbe, wie Gras XVI d in Versuch 41, das im Freien an der Sonne getrocknet war.

Gras XVI, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.0702 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVI, bezeichnet a, im Treibhaus getrocknet, enthielt 0.0377 % . . . . . }

Es fand bei verzögertem Trocknen im Treibhaus bei hoher Temperatur ein Abbau von fast der Hälfte des Lecithins statt.

43. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI, bezeichnet e. Entnommen wie in Versuch 15 S. 88 beschrieben. Das Gras lag auf dem luftigen Dachboden einer Scheune, wurde häufig gewendet, war aber nach 2 Tagen noch nicht zur Hälfte getrocknet.

Die Lufttemperatur war durchschnittlich 22° C.

Gras XVI, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.0702 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVI, bezeichnet e, gewelkt, enthielt 0.0717 % }

Also fand bei 2tägigem Welken bei 22° C. keine Abnahme des Lecithins statt.

44. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI, bezeichnet f. Entnommen wie in Versuch 21 S. 94 beschrieben. Das Gras lag 2 Tage in einem kühlen, ziemlich dunklen Keller von etwa 19°. Es war nach 2 Tagen noch fast frisch, aber in der Farbe etwas gebleicht.

Gras XVI, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.0702 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVI, bezeichnet f, im Keller gelegen, enthielt 0.0508 % . . . . . }

Also hatte das 2tägige Liegen im Dunkeln eine Abnahme um mehr als $^1/_4$ des ursprünglichen Lecithins zur Folge.

45. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI, bezeichnet b. Entnommen wie bei Versuch 41 einem Grasbeet des Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule in Obermenzing bei München. Das Gras bestand fast aus reiner Festuca pratensis. Die Probe lag wie bei Versuch 42 im Treibhaus, wurde aber, um das Trocknen zu verzögern, wiederholt mit Wasser besprengt. Nach 2 Tagen war das Gras etwas welk. Geruch nicht angenehm. Temperatur stieg tagsüber bis zu 40° C.

Gras XVI, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.0702 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVI, bezeichnet b, im Treibhaus, besprengt, bei starker Hitze gewelkt, enthielt 0.0315 % . }

Wie bei Versuch 42 hatte das Verweilen im Treibhaus bei hoher Temperatur einen Abbau der Hälfte des Lecithins zur Folge.

46. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI, bezeichnet c. Entnommen wie Gras XVI b in Versuch 45 (s. o.) und ebenso wie dieses 2 Tage im Treibhaus wiederholt mit Wasser besprengt. Die Probe war jedoch nicht dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt, sondern schwach beschattet.

Temperatur tagsüber bis zu 40° C.

Das Gras war nach 2 Tagen noch fast frisch. Geruch nicht angenehm.

Gras XVI, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.0702 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVI, bezeichnet c, im Treibhaus beschattet, enthielt 0.0368 % . . . . . }

Also auch hier wie bei Versuch 41 und 45 hatte das Verweilen in der schwülen Hitze des Treibhauses eine Lecithinabnahme um fast die Hälfte der ursprünglichen Menge hervorgerufen.

47. Versuch: 19.—26. Mai 1909.

Gras XV, bezeichnet a. Entnommen, wie bei Versuch 13 S. 86 beschrieben, einem Rasenbeet des Versuchsfeldes in Obermenzing bei München. Das Gras lag in dem S. 81 erwähnten Sammlungsraum der Landw. Zentralversuchsstation in München hinter offenen Fenstern. Durchschnittstemperatur 16° C. Nach 8 Tagen war das Gras trocken. Farbe normal, Geruch schwach dumpf.

Gras XV, bezeichnet f, vakuumtrocken, enthielt 0.0636 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XV, bezeichnet a, im Schatten getrocknet, enthielt 0.0648 % . . . . . }

Also hat das langsame Trocknen im Schatten keinen Verlust an Lecithin gebracht.

48. Versuch: 19.—26. Mai 1909.

Gras XV, bezeichnet b, entnommen wie beim vorigen Versuch. Das Gras lag wie dort hinter offenen Fenstern im Schatten, wurde aber täglich besprengt. Nach 8 Tagen, als das Gras noch ziemlich frisch war, wurde der Versuch abgebrochen.

Durchschnittliche Temperatur 16° C.

Das Gras war etwas gebleicht, Geruch schwach dumpf.

Gras XV, bezeichnet f, vakuumtrocken, enthielt 0.0636 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XV, bezeichnet b, im Schatten besprengt, enthielt 0.0649 % . . . . . }

Also hat auch das Verzögern des Trocknens durch Besprengen keinen Abbau des Lecithins zur Folge gehabt.

49. Versuch: 19—26. Mai 1909.

Gras XV, bezeichnet c. Entnommen und behandelt wie Gras XV b Versuch 48, aber ausser dem Besprengen noch mit Heuaufguss infiziert. Nach $7^3/_4$ Tagen, als das Gras noch ziemlich frisch war, wurde der Versuch abgebrochen.

Durchschnittliche Temperatur 16° C.

Gras etwas gebleicht, Geruch schwach dumpf.

Gras XV, bezeichnet f, vakuumtrocken, enthielt 0.0636 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XV, bezeichnet c, besprengt und lebend infiziert, enthielt 0.0624 % . . . . . }

Also hat auch ein Übermass von Mikroorganismen auf dem noch lebenden, langsam welkenden Gras keinen Einfluss auf die Menge des Lecithins.

50. Versuch: 19.—26. Mai 1909.

Gras XV, bezeichnet e. Entnommen wie Versuch 47. Das Gras wurde, wie Versuch 27 S. 107 ausführlich beschrieben ist, gleich nach dem Schnitt im Vakuum bei 98° getrocknet, dann gründlich befeuchtet und mit Heuaufguss infiziert.

Durchschnittliche Temperatur 16° C.

Nach 8 Tagen wurde der Versuch abgebrochen. Das Gras roch angenehm und zeigte bei der Betrachtung mit freiem Auge keine Spur von Schimmel.

Gras XV, bezeichnet f, vakuumtrocken, enthielt 0.0636 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XV, bezeichnet e, im Vakuum getrocknet, dann befeuchtet und infiziert, enthielt 0.0397 % }

51. Versuch: 19.—26. Mai 1909.

Gras XV, bezeichnet d. Entnommeu wie Versuch 47 S. 128. Das Gras wurde, wie in Versuch 26 S. 105 ausführlich beschrieben ist, zuerst mit Chloroform getötet, dann befeuchtet und mit Heuaufguss infiziert.

Durchschnittliche Temperatur 16° C.

Nach 8 Tagen wurde der Versuch abgebrochen. Das Gras war durch Schimmelentwicklung vollständig verfilzt. Farbe wie bei frischem Gras. Geruch jedoch sehr unangenehm.

Gras XV, bezeichnet f, vakuumtrocken, enthielt 0.0636 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XV, bezeichnet d, getötet, befeuchtet und infiziert, enthielt 0.0360 % . . . . . }

Der zersetzende Einfluss der Mikroorganismen auf das Lecithin zeigt sich hier deutlich.

52. Versuch: 19.—21. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet a. Entnommen, wie bei Versuch 5 S. 78 beschrieben, am 19. Mai 1908 dem damaligen Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras trocknete während 2 Tagen bei Sonnenschein.

Durchschnittliche Temperatur 19° C.

Das gewonnene Heu war nach Farbe und Geruch vorzüglich.

Gras I, bezeichnet d, vakuumtrocken, enthielt 0.1115 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras I, bezeichnet a, sonnentrocken, enthielt 0.1092 % . . . . . }

Also auch hier ist wie in den früheren Fällen bei raschem Trocknen eine Zersetzung des Lecithins nicht eingetreten.

53. Versuch: 19.—22. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet b. Entnommen wie Gras I a im Versuch 52 (s. o.). Die Behandlung ist bei Versuch 17 S. 89 genau beschrieben.

Das Gras trocknete $3^1/_2$ Tage, meist in künstlichem Schatten (Zimmer).

Durchschnittliche Temperatur 20° C.

Das gewonnene Heu roch schwach dumpf und war etwas vergilbt.

Gras I, bezeichnet d, vakuumtrocken, enthielt 0.1115 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithin-
Gras I, bezeichnet b, schattentrocken, enthielt 0.0556 % . . . . . } phosphorsäure.

Beim Trocknen im Schatten ist hier die Hälfte des Lecithins zerstört worden.

54. Versuch: 19.—23. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet c. Entnommen wie Gras I a Versuch 52 S. 129. Die Behandlung ist in Versuch 18 S. 91 ausführlich beschrieben. Das Gras trocknete $4^1/_2$ Tage meist im Schatten.

Durchschnittliche Temperatur 18° C.

Das gewonnene Heu war etwas vergilbt und roch dumpf.

Gras I, bezeichnet d, vakuumtrocken, enthielt 0.1115 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithin-
Gras I, bezeichnet c, schattentrocken, enthielt 0.0670 % . . . . . } phosphorsäure.

Es hatten sich also bei diesem langsamen Trocknen bei verhältnismässig hoher Temperatur etwa $^2/_5$ des Lecithins zersetzt.

55. Versuch: 2. Juni 1908.

Gras II a. Entnommen, wie Versuch 1 S. 75 eingehend beschrieben, dem ehemaligen Versuchsgarten in München (Ostermaiergarten).

Das Gras trocknete an einem Tage im starken Sonnenschein.

Durchschnittliche Temperatur 26.8° C.

Das gewonnene Heu war in jeder Beziehung ausgezeichnet.

Gras II, bezeichnet c, vakuumtrocken, enthielt 0.0927 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithin-
Gras II, bezeichnet a, sonnentrocken, enthielt 0.0943 % . . . . . } phosphorsäure.

Auch hier fand beim raschen Trocknen in der Sonne keine Zersetzung des Lecithins statt.

56. Versuch: 2.—5. Juni 1908.

Gras II b. Entnommen wie Gras II a Versuch 55. Behandlung ausführlich beschrieben in Versuch 19 S. 91. Das Gras trocknete während 3 Tagen in künstlichem Schatten.

Durchschnittliche Temperatur 21.5° C.

Das gewonnene Heu war gut.

Gras II, bezeichnet c, vakuumtrocken, enthielt 0.0927 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithin-
Gras II, bezeichnet b, schattentrocken, enthielt 0.0891 % . . . . . } phosphorsäure.

Die Abnahme ist so gering, dass sie als Fehler gelten darf. Hier wo das Heu gut gewonnen wurde, fand auch bei langsamem Trocknen im Schatten keine merkliche Zersetzung von Lecithin statt.

57. Versuch: 23.—27. Juni 1909.

Gras XVII f. Entnommen wie bei Versuch 10 a S. 84 einem Rasenbeet des Versuchsfeldes in Obermenzing. Das Gras trocknete bei bewölktem Himmel.

Durchschnittliche Temperatur 13° C.

Nach $3^2/_3$ Tagen war das Gras fast heutrocken. Der Versuch wurde abgebrochen. Das Gras zeigte indifferenten Geruch und hatte ein gutes Aussehen.

Gras XVII, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.1026 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVII, bezeichnet f, im Schatten rasch getrocknet, enthielt 0.0997 % . . . . . }

Auch hier trat wiederum beim Trocknen ohne Sonne, das mit Gewinnung eines guten Heues abschloss, keine Zersetzung des Lecithins ein.

58. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVII b. Entnommen wie bei Versuch 57 (s. o.). Die Trocknung geschah, wie in Versuch 20 S. 93 ausführlich beschrieben ist, auf dem luftigen Dachboden einer Scheune.

Nach 9 Tagen, nachdem das Gras noch nicht ganz heutrocken war, wurde der Versuch abgebrochen.

Durchschnittliche Temperatur 13.8° C.

Das gewonnene Heu war mässig.

Gras XVII, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.1026 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVII, bezeichnet b, welkend im Schatten, enthielt 0.0850 % . . . . . }

Eine geringe Zersetzung des Lecithins war bei dem langsamen Trocknen bei beschränkter Lichtzufuhr eingetreten.

59. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVII e. Entnommen wie bei Versuch 24 a S. 101 ausführlich beschrieben. Das Gras lag bei bedecktem Himmel auf einem Schubbrett im Freien. Nach 5 Tagen war es ziemlich trocken, wurde aber durch einen plötzlich niederfallenden Regen einige Zeit benetzt. Die nunmehr folgende Trocknung ging bei dem kühlen trüben Wetter nur langsam vor sich. Nach 9 Tagen, vom Schnitt an gerechnet (4 Tage nach dem Regen) war das Gras heutrocken.

Durchschnittliche Temperatur 13° C.

Gras XVII, bezeichnet g, vakuumtrocken, enthielt 0.1026 % . . . . . } P_2O_5 als Lecithinphosphorsäure.
Gras XVII, bezeichnet e, nachträglich als Heu besprengt, enthielt 0.0592 % . . . . . }

Das Gras trocknete bis zum 5. Tag wie Gras XVII f in Versuch 57 (s. o.), durfte also keinen Verlust an Lecithin haben. Durch das Beregnen des fast trockenen Grases und das folgende langsame Trocknen war die Hälfte des ursprünglichen Lecithins zersetzt worden. Über den Verlust an Saccharose s. S. 182—188.

Die Ergebnisse lassen sich folgendermassen zusammenstellen.

A. Es treten keine Verluste an Lecithin auf.

Versuch	Gras	Datum der Trocknung	Alter des Grases	Trocknungsdauer	Durchschnittliche Trocknungstemperatur °	Gesamt-Trockenmasse	Gehalt an Milligramm Lecithinphosphorsäure ($mg\ P_2O_5$) in 100 Trockenmasse
			I. Beim Trocknen im Sonnenschein:				
41	XVI g	2.—4. Juni 1909	vor der	frisch		22.35	70.2
	XVI d		Blüte	2^d	22	19.71	71.7
						— 2.40	+ 1.5
52	I d	19.—21. Mai 1908	vor der	frisch		21.61	111.5
	I a		Blüte	2^d	19	20.65	109.2
						— 0.96	— 2.3
55	II c	2. Juni 1908	in der	frisch		18.70	92.7
	II a		Blüte	1^d	26.8	19.70	94.3
						+ 1.00	+ 1.6
			II. Beim Welken im Schatten:				
43	XVI g	2.—4. Juni 1909	vor der	frisch		22.35	70.2
	XVI e		Blüte	2^d	22	21.05	71.7
						— 1.30	+ 1.5
			III. Beim Trocknen im Schatten:				
47	XV f	19.—26. Mai 1909	ohne fertile	frisch		25.29	63.6
	XV a		Sprosse	$7^3/_4{}^d$	16	22.97	64.8
						— 2.32	+ 1.2
56	II c	2.—4. Juni 1908	in der	frisch		18.70	92.7
	II b		Blüte	3^d	21.5	15.60	89.1
						— 3.10	— 3.6
57	XVII g	23.—27. Juni 1909	ohne fertile	frisch		23.39	102.6
	XVII f		Sprosse	$3^3/_3{}^d$	13	22.39	99.7
						— 1.00	— 2.9
			IV. Beim Welken im Schatten besprengt:				
48	XV f	19.—26. Mai 1909	ohne fertile	frisch		25.29	63.6
	XV b		Sprosse	$7^3/_4{}^d$	16	22.45	64.9
						— 2.84	+ 1.3

Versuch	Gras	Datum der Trocknung	Alter des Grases	Trocknungs-dauer	Durchschnittliche Trocknungstemperatur 0	Gesamt-Trockenmasse	Gehalt an Milligramm Lecithinphosphorsäure ($mg\ P_2O_5$) in 100 Trockenmasse
			V. Beim Welken im Schatten besprengt und infiziert:				
49	XV f	19.—26. Mai 1909	ohne fertile	frisch		25.29	63.6
	XV e		Sprosse	$7^3/_4{}^d$	16	21.93	62.4
						— 3.36	— 1.2
			B. Es traten Verluste an Lecithin auf.				
			I. Beim Trocknen im Sonnenschein im feuchten schwülen Treibhaus:				
42	XVI g	2.—4. Juni 1909	vor der	frisch	gegen	22.35	70.2
	XVI a		Blüte	2^d	40	21.61	37.7
						— 0.74	— 32.5
			II. Beim Welken im Sonnenschein im feuchten schwülen Treibhaus (besprengt):				
45	XVI g	2.—4. Juni 1909	vor der	frisch	gegen	22.35	70.2
	XVI b		Blüte	2^d	40	18.82	31.5
						— 3.53	— 38.7
			III. Beim Welken im Schatten im feuchten schwülen Treibhaus (besprengt):				
46	XVI g	2.—4. Juni 1909	vor der	frisch	gegen	22.35	70.2
	XVI c		Blüte	2^d	40	20.01	36.8
						— 2.34	— 33.4
			IV. Beim Welken im Schatten (etioliert), später an der Sonne:				
53	I d	19.—22. Mai 1908	vor der	frisch		21.61	111.5
	I b		Blüte	$3^1/_2{}^d$	20	19.50	55.6
						— 2.11	— 55.9
54	I d	19.—23. Mai 1908	vor der	frisch		21.61	111.5
	I c		Blüte	$4^1/_2{}^d$	18	18.46	67.0
						— 3.15	— 44.5
58	XVII g	23. Juni bis 2. Juli 1909	ohne fertile	frisch		23.39	102.6
	XVII b		Sprosse	9^d	14	20.52	85.0
						— 2.87	— 17.6

Versuch	Gras	Datum der Trocknung	Alter des Grases	Trocknungsdauer	Durchschnittliche Trocknungstemperatur °	Gesamt-Trockenmasse	Gehalt an Milligramm Lecithinphosphorsäure ($mg\ P_2O_5$) in 100 Trockenmasse
			V. Beim Welken im Keller:				
44	XVI g	2.—4. Juni 1909	vor der	frisch	19	22.35	70.2
	XVI f		Blüte	2 d		21.74	50.8
						— 0.61	— 19.4
			VI. Ohne Lecithinverlust getrocknet (Versuch 57), dann beregnet und wieder getrocknet:				
59	XVII g	23. Juni bis 2. Juli 1909	ohne fertile	frisch	13	23.39	102.6
	XVII e		Sprosse	9 d		21.96	59.2
						— 1.43	— 43.4
			VII. Getötet, besprengt und infiziert:				
50	XV f	19.—26. Mai 1909	ohne fertile	frisch		25.09	63.6
	XV e		Sprosse	vakuumtrocken, dann 8 d	16	24.99	39.7
						— 0.10	— 23.9
51	XV f	19.—26. Mai 1909	ohne fertile	frisch		25.29	63.6
	XV d		Sprosse	mit Chloroform get., d. 8 d	16	20.07	36.0
						— 5.22	— 27.6

Oder Zusammengestellt nach den äusseren Verhältnissen der Heubereitung:

	Zahl der Versuche	Verlust an Lecithin	Versuchsnummern
I. An freier Luft. 1. Gewelkt:			
a) Im Schatten:			
2 Tage	1	nein	43
9 Tage besonders lange . . .	1	ja	58
b) Verzögerung des Trocknens durch Besprengen	1	nein	48
c) Lebend besprengt und infiziert	1	nein	49

	Zahl der Versuche	Verlust an Lecithin	Versuchs-nummern
2. Getrocknet:			
a) Im Sonnenschein	3	nein	41, 52, 55
b) Im Schatten	3	nein	47, 56, 57
II. Im Zimmer (Schatten), etwas etioliert, später im Sonnenschein	2	ja	53, 54
III. Ohne Lecithinverlust getrocknet, dann befeuchtet . .	1	ja	59
IV. Getötet und dann befeuchtet und infiziert	2	ja	50, 51
V. Im geschlossenen Raum. 1. Treibhaus:			
a) Gewelkt im Sonnenschein .	1	ja	42
b) Gewelkt im Schatten . .	1	ja	45
c) Getrocknet im Sonnenschein	1	ja	46
2. Keller:			
a) Gewelkt im Schatten . .	1	ja	44

Bei diesen 19 Versuchen ergibt sich während der Heuwerbung bei 9 kein Lecithinverlust, bei 1 bei sehr langem Welken (9 Tage) ein geringer und bei 9 ein merklicher bis grosser Verlust an Lecithinphosphorsäure.

Suchen wir eine Erklärung dafür, so ergibt sich folgende Erwägung. Es war anzunehmen, dass beim Trocknen in der Sonne wegen der Kürze der Trocknung Lecithinverluste am wenigsten eintreten. Das findet sich bestätigt durch die Versuche 41, 52, 55; es war in diesen überhaupt kein Lecithinverlust eingetreten; hier gab es natürlich auch für die Tätigkeit der Bakterien am wenigsten Gelegenheit.

Wenn dagegen durch Mangel an Luftzug die Feuchtigkeit über der Substanz lagerte und dabei noch hohe Temperatur herrschte (Treibhaus), so waren für die Bakterientätigkeit günstige Verhältnisse geschaffen und es ergab sich ein merklicher Verlust an Lecithin (Versuch 42).

Dass allein durch die Zelltätigkeit des Grases beim Trocknen das Lecithin nicht leicht schwindet, ergeben auch die Versuche im Schatten (Versuch 47, 56, 57). Selbst bei ziemlich aus-

gedehnter Trocknungsdauer war der Lecithingehalt auf der ursprünglichen Höhe geblieben, so dass wir annehmen können, dass im allgemeinen auch beim Trocknen im Schatten Lecithinverluste nicht auftreten. Nur wenn für die Bakterientätigkeit die Verhältnisse günstig sind, z. B. wenn bei sehr langem Welken (Versuch 58) oder bei aussergewöhnlichen Verhältnissen (Treibhausversuche 42, 45, 46) bei unbeweglicher Luft und wenig Licht (Kellerversuch 44) der Widerstand der Zellen des Grases erlischt, dann treten Verluste auf. Diese Verluste sind um so grösser, je mehr der Tätigkeit der Bakterien Vorschub geleistet ist.

Wurde das lebende Gras mit Bakterien infiziert (Versuch 49), so hat der Lecithingehalt des Grases nicht abgenommen, weil die noch andauernde Lebenstätigkeit der Bakterienwirkung entgegentrat.

War aber die Lebenstätigkeit des Grases von Anfang an aufgehoben (Versuch 59, 50, 51), so konnten die Bakterien ungehindert ihre lecithinzerstörende Tätigkeit entfalten.

Wird durch verminderten Luftzutritt (stagnierende Luft) und durch Mangel an genügend Licht die Lebenstätigkeit herabgesetzt (Kellerversuch 44), so wird der Widerstand gegen die Bakterientätigkeit geringer und eine Zerstörung des Lecithins ermöglicht.

Der Mangel an Licht hat noch weiter das Etiolieren lebender grüner Pflanzenteile zur Folge. Etiolierte Pflanzenteile enthalten aber weniger Lecithin als grüne, wie schon Stoklasa ([83]) nachwies und wie auch die Versuche 53 und 54 beweisen, bei denen das Gras anfangs in einem düsteren, schwülen Zimmer lag und teilweise etiolierte.

Im allgemeinen hat man selbst bei länger währender Trocknung keinen Verlust an Lecithin zu befürchten, wenn nur dafür gesorgt wird, dass der Zutritt von Licht und Luft und die Abfuhr der Feuchtigkeit nicht behindert ist. Ferner hat Regen, der auf frisch geschnittenes oder fast noch frisches Gras fällt, keinen Einfluss auf den Lecithingehalt, während jede Befeuchtung am Ende der Trocknung oder nach der Trocknung Lecithinverluste mit sich bringt.

Wir haben gesehen, dass beim Trocknen des Grases sich immer ein merklicher Lecithinverlust ergab, wenn Verhältnisse eintraten, die eine lebhafte Entfaltung von Mikroorganismen wahrnehmen oder wenigstens vermuten liessen.

Nun ist bekannt, dass beim Lagern des Heues im Stock eine lebhafte Bakterientätigkeit stattfindet, besonders wenn der Luftzutritt und die Abfuhr von Feuchtigkeit durch zu feste Lagerung gehindert sind. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass das gelagerte Heu weniger Lecithin enthalten muss als das frisch eingebrachte Heu und weiter, dass schlecht eingebrachtes bakterienreiches Heu die grössten Lecithinverluste erleiden muss.

Dies bestätigt die eingangs (S. 125) erwähnte Lecithinbestimmung in Heu und es bestätigen dies auch die nachfolgenden Heuuntersuchungen:

60. Versuch: Herbst 1909.

Heu vom Stock aus Fronberg,[1]) bezeichnet Heu E. Feinstes Wiesenheu vom ersten Schnitt, teilweise Blüten, etwas Klee, günstig geworben und eingebracht. Geruch und Aussehen sehr gut.

Milligramm P_2O_5 Lecithinphosphorsäure in 100 g Trockenmasse 22.2 mg.

61. Versuch: Herbst 1909.

Heu aus Fronberg, vom Stock, bezeichnet Heu G. Feinstes Grummet, günstig geworben, von sehr feinem Geruch und Aussehen.

Milligramm P_2O_5 Lecithinphosphorsäure in 100 g Trockenmasse 22.2 mg.

62. Versuch: Herbst 1908.

Heu aus Fronberg, vom Stock, bezeichnet Heu C. Sehr gutes Wiesenheu vom 1. Schnitt, z. T. Blüten, etwas Klee. Geruch angenehm, Aussehen normal.

Milligramm P_2O_5 Lecithinphosphorsäure in 100 g Trockenmasse 20.3 mg.

63. Versuch: Herbst 1908.

Heu aus Fronberg, vom Stock, bezeichnet Heu D. Mittelgutes Wiesenheu vom ersten Schnitt, mit normalem Geruch und Aussehen.

Milligramm P_2O_5 Lecithinphosphorsäure in 100 g Trockenmasse 19.7 mg.

64. Versuch: Herbst 1909.

Käufliches Heu, vom Stock, bezeichnet Heu B. Aus der Kindermilchanstalt des Herrn Erlenmayer in München. Das Heu war nicht so gut wie die vorhergehenden Fronberger Proben: etwas blass in der Farbe, Geruch normal; wie versichert wurde, war das Heu unberegnet und gut eingebracht worden.

Milligramm P_2O_5 Lecithinphosphorsäure in 100 g Trockenmasse 14.7 mg.

[1]) Ich verdanke diese und mehrere der folgenden Heuproben dem freundlichen Entgegenkommen des Herrn Landesökonomierat Kebbel. Bei dieser Bezugsquelle war ich sicher, dass das Heu sachkundig und sorgfältig gewonnen war.

65. Versuch: Herbst 1909.

Heu aus Fronberg, vom Stock, bezeichnet Heu F. Vom ersten Schnitt, Zusammensetzung gut, aber nach Mitteilung nicht günstig gewonnen: in die Ernte fielen Regentage. Aussehen ziemlich gut. Geruch schwach dumpf.

Milligramm P_2O_5 Lecithinphosphorsäure in 100 g Trockenmasse 13 mg.

In allen Fällen hatten die Proben von gelagertem Heu einen geringeren Lecithingehalt als das frische Heu.

Durchschnittlicher Gehalt an Lecithinphosphorsäure (Milligramm P_2O_5) in 100 g Trockenmasse bei

I. Frischem gut geworbenem Heu:

Versuch	41	Gras XVI d . .	71.7
„	52	„ I a . . .	109.2
„	55	„ II a . . .	94.3
„	47	„ XV a. . .	63.6
„	56	„ II b . . .	89.1
„	57	„ XVII f . .	99.7
6 Heuproben			527.6
		Mittel:	87.9, rund 88 mg.

II. Bei gelagertem gut geworbenem Heu:

		Heu A	18.8
Versuch	64	„ B	14.7
„	62	„ C	20.3
„	63	„ D	19.7
„	60	„ E	22.2
„	61	„ G	22.2
6 Heuproben			117.9
		Mittel:	19.7, rund 20 mg.

In dem zu den eigenen Heuwerbungsversuchen verwendeten frischen Gras:

Gras	I d	111.5
„	II c	92.7
„	XV f	63.6
„	XVI g.	70.2
„	XVII g	102.6
5 Grasproben		440.6
	Mittel:	88.12, rund 88 mg.

Also enthält nach den vorliegenden Versuchen gelagertes Heu um $^1/_4$ der in frischem Gras oder in daraus gut geworbenem frischen Heu vorhandenen Lecithinmenge.

Im Anschluss an die Untersuchungen über das Verhalten des Lecithins bei der Heuwerbung seien einige Versuche angeführt die über das

Aufschluss geben können.

Bestimmt wurde:

1. die Gesamtphosphorsäure,
2. das Lecithin,
3. die Gesamtmenge der wasserlöslichen Phosphorsäure,
4. die in Wasser lösliche anorganische Phosphorsäure,
5. die in Wasser lösliche organische Phosphorsäure,
6. die in schwach schwefelsaurem Wasser lösliche Phosphorsäure,
7. der in keinem dieser Lösungsmittel lösliche Rest der Gesamtphosphorsäure.

Die Methoden wurden auf S. 14—48 geprüft und auf S. 55—59 ausführlich beschrieben.

65a. Versuch: 19.—21. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet a. Geschnitten am 19. Mai vormittags 10 Uhr und im Sonnenschein zu Heu gemacht, wie S. 78 beschrieben ist.

Die Trocknung dauerte 2 Tage.

Der Trockenmasseverlust betrug auf 100 g ursprüngliche Trockenmasse — 4.4 %.

Zum Vergleich diente Gras I d, das unter gleichen Verhältnissen wie Gras I a geschnitten wurde, aber sofort ins Vakuum kam, wo es bei 98° in 3 Stunden wasserfrei gemacht wurde.

Bezeichnung des Grases	Trockenmasseverlust bezogen auf 100 urspr. Trockenmasse	100 urspr. Trockenmasse enthielten Gramm P_2O_5 als:						
		Gesamt-P_2O_5	Lecithinphosphorsäure (P_2O_5)	gesamtwasserlösliche P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind:		in $\frac{n}{2}$-Schwefelsäure lösliche P_2O_5	unlösliche P_2O_5
					anorganische P_2O_5	P_2O_5 in organischer Bindung		
Gras I d	0	0.882	0.112	0.574	0.330	0.244	0.015	0.181
„ I a	— 4.4	0.880	0.109	0.637	0.406	0.231	0.017	0.117
Differenz:	=	=		+ 0.063	+ 0.076	— 0.013	=	— 0.064

Zunahme zeigte die gesamtwasserlösliche und die anorganische P_2O_5.
Abnahme zeigte die wasserlösliche, organische und die unlösliche P_2O_5.

65b. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI f. Entnommen vormittags gegen 12 Uhr, wie S. 94 beschrieben. Das Gras welkte 2 Tage lang in einem Keller bei 19° und wurde nach dieser Zeit im Vakuum bei 98° getrocknet.

Der Trockenmasseverlust, bezogen auf 100 ursprüngliche Trockenmasse, betrug — 2.7 %.

Zum Vergleich diente Gras XVI g, das unter gleichen Verhältnissen wie Gras XVI f geschnitten worden war, aber sofort ins Vakuum kam, wo es bei 98° in 3 Stunden wasserfrei gemacht wurde.

Bezeichnung des Grases	Trockenmasseverlust bezogen auf 100 urspr. Trockenmasse	100 urspr. Trockenmasse enthielten Gramm P_2O_5 als:						
		Gesamt-P_2O_5	Lecithinphosphorsäure (P_2O_5)	gesamtwasserlösliche P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind: anorganische P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind: P_2O_5 in organischer Bindung	in $\frac{n}{2}$-Schwefelsäure lösliche P_2O_5	unlösliche P_2O_5
Gras XVI g	0	0.692	0.070	0.465	0.295	0.170	0.044	0.113
„ XVI f	— 2.7	0.693	0.051	0.489	0.366	0.123	0.049	0.104
Differenz:		=	— 0.019	+ 0.024	+ 0.071	— 0.047	=	— 0.009

Zunahme zeigte die gesamtwasserlösliche und die anorganische P_2O_5.

Abnahme zeigte ausser dem Lecithin (s. S. 127) die organische wasserlösliche P_2O_5.

65c. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI e. Entnommen wie Gras XVI f und wie S. 80 und 88 beschrieben. Das Gras welkte auf dem luftigen Dachboden einer Scheune bei etwa 22°. Nach 2 Tagen wurde der Versuch abgebrochen.

Der Trockenmasseverlust, bezogen auf 100 ursprüngliche Trockenmasse, betrug — 5.8 %.

Zum Vergleich diente wieder Gras XVI g, das unter den gleichen Verhältnissen wie Gras XVI e und f geschnitten wurde, aber sofort ins Vakuum kam und 3 Stunden lang bei 98° dort blieb.

Bezeichnung des Grases	Trockenmasseverlust bezogen auf 100 urspr. Trockenmasse	100 urspr. Trockenmasse enthielten Gramm P_2O_5 als:						
		Gesamt-P_2O_5	Lecithinphosphorsäure (P_2O_5)	gesamtwasserlösliche P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind: anorganische P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind: P_2O_5 in organischer Bindung	in $\frac{n}{2}$-Schwefelsäure lösliche P_2O_5	unlösliche P_2O_5
Gras XVI g	0	0.692	0.070	0.465	0.295	0.170	0.044	0.113
„ XVI e	— 5.8	0.690	0.072	0.503	0.363	0.140	0 038	0.077
Differenz:		=	=	+ 0.038	+ 0.068	— 0.030	=	— 0.036

Zunahme zeigte die gesamtwasserlösliche und die anorganische P_2O_5.

Abnahme zeigte die wässerlösliche, organische und die unlösliche P_2O_5.

65d. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI d. Entnommen wie in Versuch 7 S. 80 beschrieben.

Das Gras trocknete bei heissem Sonnenschein im Freien.

Die Trocknung dauerte 2 Tage.

Der Trockenmasseverlust, bezogen auf 100 ursprüngliche Trockenmasse, betrug — 11.8 %.

Zum Vergleich diente Gras XVI g, das unter den gleichen Verhältnissen wie Gras d geschnitten, aber sofort im Vakuum bei 98° getrocknet wurde.

Bezeichnung des Grases	Trockenmasseverlust bezogen auf 100 urspr. Trockenmasse	100 urspr. Trockenmasse enthielten Gramm P_2O_5 als:						
		Gesamt-P_2O_5	Lecithinphosphorsäure (P_2O_5)	gesamtwasserlösliche P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind: anorganische P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind: P_2O_5 in organischer Bindung	in $\frac{n}{2}$-Schwefelsäure lösliche P_2O_5	unlösliche P_2O_5
Gras XVI g	0	0.692	0.070	0.465	0.295	0.170	0.044	0.113
„ XVI d	— 11.8	0.691	0.072	0.544	0.415	0.129	0.060	0.015
Differenz:		=	=	+ 0.079	+ 0.120	— 0.041	+ 0.016	— 0.098

Zunahme zeigte die gesamtwasserlösliche, die anorganische und die säurelösliche P_2O_5.

Abnahme zeigte die wasserlösliche organische und die unlösliche P_2O_5.

65e. Versuch: 2.—4. Juni 1909.

Gras XVI c. Entnommen wie S. 127 beschrieben.

Das Gras welkte im heissen Treibhaus im Schatten und wurde wiederholt besprengt. Nach 2 Tagen wurde der Versuch abgebrochen.

Der Trockenmasseverlust, bezogen auf 100 ursprüngliche Trockenmasse, betrug — 10.5 %.

Zum Vergleich diente Gras XVI g, das unter den gleichen Verhältnissen wie Gras XVI c geschnitten, aber sofort im Vakuum bei 98° getrocknet wurde.

Bezeichnung des Grases	Trockenmasseverlust bezogen auf 100 urspr. Trockenmasse	100 urspr. Trockenmasse enthielten Gramm P_2O_5 als:						
		Gesamt-P_2O_5	Lecithinphosphorsäure (P_2O_5)	gesamtwasserlösliche P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind: anorganische P_2O_5	von den wasserlöslichen Gramm P_2O_5 sind: P_2O_5 in organischer Bindung	in $\frac{n}{2}$-Schwefelsäure lösliche P_2O_5	unlösliche P_2O_5
Gras XVI g	0	0.692	0.070	0.465	0.295	0.170	0.044	0.113
„ XVI c	— 10.5	0.696	0.037	0.540	0.402	0.138	0.084	0.035
Differenz:		=	— 0.033	+ 0.075	+ 0.107	— 0.032	+ 0.040	— 0.078

Zunahme zeigte die gesamtwasserlösliche, die anorganische und die säurelösliche P_2O_5.

Abnahme zeigte neben dem Lecithin (s. S. 127) die wasserlösliche organische und die unlösliche P_2O_5.

Stellt man die Ergebnisse obiger Versuche nach der Grösse des Trockenmasseverlustes bei der Heuwerbung zusammen, so erhält man:

Bezeichnung des Grases	Trockenmasseverlust bezogen auf 100 urspr. Substanz	100 urspr. Trockenmasse enthielten Gramm P_2O_5 als:						
		Gesamt-P_2O_5	Lecithinphosphorsäure (P_2O_5)	gesamtwasserlösliche P_2O_5	von der wasserlöslichen P_2O_5 sind: anorganische P_2O_5	P_2O_5 in organischer Bindung	in $\frac{n}{2}$-Schwefelsäure lösliche P_2O_5	unlösliche P_2O_5
Gras Id	0	0.882	0.112	0.574	0.330	0.244	0.015	0.181
„ Ia	— 4.4	0.880	0.109	0.637	0 406	0.231	0.017	0.117
Differenz:		0	0	+ 0.063	+ 0.076	— 0.013	0	— 0.064
Gras XVIg	0	0.692	0.070	0.465	0.295	0.170	0.044	0.113
„ XVIf	— 2.7	0.693	0.051	0.489	0.366	0.123	0.049	0.104
Differenz:		0	— 0.019	+ 0.024	+ 0.071	— 0.047	0	— 0.009
Gras XVIe	— 5.8	0.690	0.072	0.503	0.363	0.140	0.038	0.077
Differenz:		0	0	+ 0.038	+ 0.068	— 0.030	0	— 0.036
Gras XVId	— 11.8	0.691	0.072	0.544	0.415	0.129	0.060	0.015
Differenz:		0	0	+ 0.079	+ 0.120	— 0.041	+ 0.016	— 0.098
Gras XVIc	— 10.5	0.696	0.037	0.540	0 402	0.138	0.084	0.035
Differenz:		0	— 0.033	+ 0.075	+ 0.107	— 0.032	+ 0.040	— 0.078

Oder wenn man die in den sofort im Vakuum getrockneten Proben Id und XVIg vorhandenen Phosphorsäureverbindungen und die durch die Heuwerbung entstandenen Veränderungen (Differenzen) auf die zugehörige Gesamtphosphorsäure = 100 bezieht.

Gras Id	0	100	13	65	37	28	2	20
„ Ia	— 4.4	0	0	+ 7	+ 9	— 2	0	— 7
„ XVIg	0	100	10	67	43	24	7	16
„ XVIf	— 2.7	0	— 3	+ 3	+ 10	— 7	0	— 1
„ XVIe	— 5.8	0	0	+ 6	+ 10	— 4	0	— 5
„ XVId	— 11.8	0	0	+ 11	+ 17	— 6	+ 2	— 14
„ XVIc	— 10.5	0	— 5	+ 11	+ 16	— 5	+ 6	— 11

Es zeigte sich, dass die Heuwerbung von mannigfaltigen Verschiebungen der Phosphorsäureformen begleitet ist.

1. Die sogenannte unlösliche Phosphorsäure, also vor allem die Phosphoproteide, erleiden bei der Heuwerbung immer einen Zerfall. Dieser Zerfall kann bis zu 87 % der ursprünglich vorhandenen Phosphoproteide betragen. Wenn nur ein kleinerer Teil der Phosphoproteide zerfällt (bis zu 30 %), so findet man die Phosphorsäure im wässrigen Extrakt und zwar wie es scheint in anorganischer Form wieder. Treten tiefgreifende Veränderungen ein, die sich durch grossen Trockenmasseverlust und weitgehende Zersetzung der Phosphoproteide kennzeichnen, so findet man einen Teil der aus den sogen. unlöslichen Phosphorverbindungen frei gewordenen P_2O_5 im wässrigen, einen anderen Teil im $\frac{n}{2}$-schwefelsauren Extrakt.

   Die Grösse des Phosphoproteid-Zerfalles entspricht der Grösse der Trockenmasseverluste: Je mehr Trockenmasse verloren geht, d. h. je länger die Trocknung dauert und je höher die Temperatur bei der Trocknung ist, desto grösser ist auch der Zerfall der Phosphoproteide.

2. Entsprechend dem Zerfall an Phosphoproteiden steigt der Gehalt des Wasserextraktes an gesamtwasserlöslicher Phosphorsäure bei der Heuwerbung immer.

   Von den im Wasserextrakt vorhandenen Gruppen der Phosphorsäure zeigen die organischen Phosphorverbindungen in allen Fällen der Heuwerbung eine Abnahme. Die Abnahme betrug 7—29 % der ursprünglich vorhandenen Menge an wasserlöslichen organischen Phosphorverbindungen.

   Diese Abnahme erhöhte die Menge der wasserlöslichen anorganischen Phosphate wie überhaupt die anorganischen wasserlöslichen Phosphate in allen Fällen der Heuwerbung eine beträchtliche Zunahme (bis um 40 %) zeigten. Wahrscheinlich ist, wie schon oben gesagt, dass auch beim Zerfall der Phosphoproteide die Phosphorsäure in anorganischer Form abgespalten wird. Wenigstens tritt eine ihr entsprechende Zunahme in der Menge der wasserlöslichen anorganischen Phosphorsäureverbindungen auf.

3. Die nur in verdünnter Schwefelsäure — nicht im Wasser allein — löslichen Phosphorsäureverbindungen bleiben für gewöhnlich unverändert. Nur bei sehr ungünstigen Heuwerbungsverhältnissen also bei grossen Trockenmasseverlusten tritt deutliche Zunahme der säurelöslichen Phosphorverbindungen ein.
4. Bei Lecithinzersetzung findet eine Zunahme der gesamtwasserlöslichen Phosphorsäure statt.
5. Die Phosphorverbindungen nehmen also an den Vorgängen bei der Heuwerbung lebhaft teil und der Zerfall der organischen Phosphorverbindungen ist als eine regelmässige Begleiterscheinung der Heuwerbung anzusehen.

Veränderungen der N-haltigen Verbindungen.

Die Bestimmung der N-haltigen Verbindungen geschah in der auf S. 55 angegebenen Weise.

Die Ergebnisse werden als N (Stickstoff) angeführt und nicht etwa durch Multiplikation mit 6.25 auf Eiweiss umgerechnet.

Die Menge des gefundenen Stickstoffs wurde einmal auf 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz bezogen, daneben auf 100 Trockenmasse der ursprünglichen, ohne Verlust im Vakuum getrockneten Substanz. Die Menge des Gesamtstickstoffs ist im ersten Fall natürlich immer höher als im zweiten: im zweiten Falle geben die Untersuchungen des Gesamtstickstoffs bei dem ursprünglichen Gras und dem daraus bereiteten Heu — wie nicht anders zu erwarten war — ziemlich übereinstimmende Resultate.

66. Versuch: 31. Mai bis 4. Juni 1907.

Festuca pratensis. Entnommen einer Reinsaat im damaligen Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Das Gras war gut gediehen und stand vor der Blüte.

Das Gras trocknete im Zimmer (Schatten) hinter offenem Fenster in 4 Tagen.

	31. Mai	1.	2.	3.	4. Juni
Tagestemperatur	17.4	13.3	13.8	11.5	11.5

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	23.0	0.0	2.29	2.01	0.28	2.29	2.01	0.28	88	12
Im Zimmer	4 d	14	21.2	— 7.8	2.47	1.86	0 61	2.28	1.72	0.56	75	25
			— 1.8						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

67. Versuch: 31. Mai bis 6. Juni 1907.

Festuca pratensis. Entnommen wie bei Versuch 66. Das Gras stand vor der Blüte.

Die Trocknung geschah im Gartenhaus im Schatten, vor Regen und Tau geschützt, in $6^1/_2$ Tagen.

	31. Mai	1.	2.	3.	4.	5.	6. Juni
Tagestemperatur . .	17.4	13.3	13.8	11.5	11.5	13.9	13.8° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	23.0	0.0	2.29	2.01	0.28	2.29	2.01	0.28	88	12
Gartenhaus .	$6^1/_2$ d	14	20.6	10.4	2.44	1.94	0.50	2.18	1.73	0.45	79	21
			— 2.4						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

68. Versuch: 31. Mai bis 7. Juni 1907.

Festuca pratensis. Entnommen wie bei Versuch 66 einer Reinsaat des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Das Gras war gut gediehen und stand vor der Blüte.

Das Gras trocknete in einem lichten und luftigen Keller bei etwa 11° C. in $7^1/_2$ Tagen.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	23.0	0.0	2.29	2.01	0.28	2.29	2.01	0.28	88	12
Keller . .	$7^1/_2$ d	11	21.1	— 8.3	2.43	1.78	0.65	2.23	1.63	0.60	73	27
			— 1.9						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

69. Versuch: 30. August bis 6. September 1907.

Poa pratensis. Entnommen einer späten Reinsaat im damaligen Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München. Das Gras hatte noch nicht geblüht. Rispen waren schon entwickelt. Die Trocknung geschah im Gartenhaus (Schatten) innerhalb 7 Tagen.

	30. August	31.	1.	2.	3.	4.	5.	6. Sept.
Tagestemperatur	16.2	17.6	15.4	17.5	14.8	10.5	13.0	15.3° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	26.1	0.0	2.92	2.67	0.25	2.92	2.67	0.25	91	9
Gartenhaus .	7 d	15	24.1	— 7.7	3.30	2.36	0.94	3.05	2.18	0.87	72	28
			— 2.0						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

70. Versuch: 13.—18. Juni 1907.

Onobrychis sativa. Entnommen einem Beete des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten), in der Blüte.

Die Trocknung geschah im Freien (bei bewölktem Himmel) und war nach 5 Tagen beendet.

	13.	14.	15.	16.	17.	18. Juni
Tagestemperatur	14.5	14.1	16.5	18.9	15.8	17.0 ° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	20.2	0.0	3.36	2.98	0.38	3.36	2.98	0.38	89	11
Schatten . .	5 d	16	18.8	— 6.8	3.66	2.45	1.21	3.36	2.25	1.11	67	33
			— 1.4						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zur vakuumtrocknen Esparsette.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

71. Versuch: 13.—19. Juni 1907.

Onobrychis sativa. Entnommen wie in Versuch 70.
Die Pflanzen standen in der Blüte.
Die Trocknung geschah im Freien im künstlichen Schatten (Gartenhaus) und dauerte 6 Tage.

	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19. Juni
Tagestemperatur	14.5	14.1	16.5	18.9	15.8	17.0	17.5 ° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	20.2	0.0	3.36	2.98	0.38	3.36	2.98	0.38	89	11
Gartenhaus .	6 d	16	18 2	— 9.9	3.68	2.22	1.46	3.32	2.00	1.32	60	40
			— 2.0						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zur vakuumtrocknen Esparsette.
Der Amid-N wurde mehr „ „ „ „ „

72. Versuch: 13.—20. Juni 1907.

Onobrychis sativa. Entnommen wie bei Versuch 70 S. 146 einem Beete des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Die Pflanzen standen in der Blüte. Nach dem Schnitte welkten sie 7 Tage in einem lichten Keller. Als der Versuch nach 7 Tagen abgebrochen wurde, war die Esparsette noch nicht ganz trocken.

Tagestemperatur durchschnittlich 13° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	20.2	0.0	3.36	2.98	0.38	3.36	2.98	0.38	89	11
im Keller gewelkt	7 d	13	18.95	— 6.2	3.54	2.00	1.54	3.32	1.88	1.44	57	43
			— 1.25						—	+	—	+

Der Eiweissgehalt wurde weniger im Vergleich zur vakuumtrocknen Esparsette.
Der Amidgehalt wurde mehr . . „ „ „ „ „

73. Versuch: 29. Oktober bis 2. November 1907.

Gemischtes Gras. Entnommen einer Rasenfläche des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Der Rasen war schon wiederholt geschnitten worden. Fertile Sprosse waren nicht vorhanden. Die Trocknung geschah bei wenig bewölktem Himmel, teilweise im Sonnenschein. Doch war die Wirkung der Sonne schon so schwach, dass die Trocknung 5 Tage in Anspruch nahm.

	29. Okt.	30. Okt.	31. Okt.	1. Nov.	2. Nov.
Tagestemperatur	8.6	9.2	10.9	9.1	7.2° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	21.98	0.0	3.91	3.31	0.60	3.91	3.31	0.60	85	15
Sonne . .	5 d	9	21.11	— 4.0	4.06	3.11	0.95	3 90	2.99	0.91	77	23
			— 0.87						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zu dem vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „ „

74. Versuch: 29. Oktober bis 11. November 1907.

Gemischtes Gras. Entnommen wie bei Versuch 73 S. 148 einem Rasenbeet des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Der Rasen war schon wiederholt geschnitten worden. Fertile Sprosse waren nicht vorhanden. Das Gras lag zur Trocknung in einem lichten (ungeheizten) kellerähnlichen Raum und brauchte bis zur Heudürre 14 Tage.

Die Temperatur betrug im Durchschnitt 8° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum . .	3 h	98	21.98	0.0	3.91	3.31	0.60	3.91	3.31	0.60	85	15
Keller kühl.	14 d	8	21.29	— 3.1	3.86	2.77	1.09	3.74	2.68	1.06	72	28
			— 0.69						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

75. Versuch: 19.—21. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet a. Entnommen wie im Versuch 5 S. 78 beschrieben, am 19. Mai vormittags 10 Uhr einem Grasbeet im damaligen Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Das Gras bestand fast aus reiner Poa pratensis und stand kurz vor der Blüte. Die Trocknung geschah im Freien. Bei Tage schien damals die Sonne. Dauer der Trocknung 2 Tage.

	19.	20.	21. Mai
Tagestemperatur	20.5	17.3	20.3° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum, Gras Id	3 h	98	21.61	0.0	3.15	2.83	0.32	3.15	2.83	0.32	90	10
Sonne, Gras Ia .	2 d	19	20.65	— 4.4	3.22	2.63	0.59	3.08	2.52	0.56	82	18
			— 0.96						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

76. Versuch: 19.—22. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet b. Entnommen wie im vorigen Versuch und im Versuch 17 S. 89 beschrieben. Fast reine Poa pratensis vor der Blüte. Das Trocknen geschah anfangs in einem schwülen, düstren Zimmer, nach 2 Tagen an der Sonne und dauerte $3^1/_2$ Tage. Das Gras war etwas etioliert.

	19.	20.	21.	22. Mai
Tagestemperatur	20.5	17.3	20.2	23.3 ° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum, Gras Id	3 h	98	21.61	0.0	3.15	2.83	0.32	3.15	2.83	0.32	90	10
Schatten, Gras Ib	$3^1/_2$ d	20	19.50	9.8	3.44	1.90	1.54	3.10	1.71	1.39	55	45
			— 2.11						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

77. Versuch: 19.—23. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet c. Gewonnen wie im Versuch 75 und 76, und getrocknet, wie im Versuch 18 S. 91 genau beschrieben. Fast reine Poa pratensis vor der Blüte. Die Trocknung geschah zuerst in einem schwülen, düstren Zimmer, dann nach 2 Tagen im Schatten hinter offenem Fenster, endlich, um die Trocknung zu beschleunigen, nach dem 3. Tage an der Sonne (siehe Versuch 18 S. 91). Die Trocknung dauerte $4^1/_2$ Tage. Das Gras war etwas etioliert.

	19.	20.	21.	22.	23. Mai
Tagestemperatur . . .	20.5	17.3	20.2	22.4	8.3 ° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum, Gras Id	3 h	98	21.61	0.0	3.15	2.83	0.32	3.15	2.83	0.32	90	10
Schatten, Gras Ic	$4^1/_2$ d	18	18.46	— 14.6	3.56	1.83	1.73	3.04	1.56	1.48	51	49
			— 3.15						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

78. Versuch: 23.—28. Juni 1909.

Gras XVII, bezeichnet f. Entnommen am 23. Juni nachmittags 4 Uhr einer Rabatte auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing. Das Gras war schon einmal geschnitten, fertile Sprossen waren nicht entwickelt. Die Trocknung geschah im Freien bei bewölktem Himmel und dauerte 4 Tage. Bei Regen und während der Nacht lag das Gras auf dem luftigen Dachboden der Scheune.

	23.	24.	25.	26.	27.	28. Juni
Tagestemperatur	12.7	13.9	13.9	13.2	13.3	12.3 ° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum, Gras XVII g	3 h	98	23.39	0.0	3.00	2.72	0.28	3.00	2.72	0.28	91	9
Schatten, Gras XVII f	$3^2/_3$ d	13	22.39	— 4.3	3.11	2.44	0.67	2.98	2.34	0.64	78	22
			— 1.00						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

79. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVII, bezeichnet e. Entnommen wie im vorigen Versuch einer Rabatte im Versuchsfelde in Obermenzing. Das Gras trocknete in etwa 5 Tagen im Freien bei bewölktem Himmel, wurde aber dann durch Sprühregen nass und brauchte zum Wiedertrocknen 4 Tage, im ganzen also 9 Tage.

	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30. Juni	1.	2. Juli
Tagestemperatur	12.7	13.9	13.9	13.2	13.3	15.6	13.8	10.3	10.2	10.4 ° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum, Gras XVII g	3 h	98	23.39	0.0	3.00	2.72	0.28	3.00	2.72	0.28	91	9
Schatten, Gras XVII e	9 d	13	21.96	— 6.1	3.17	2.34	0.83	2.98	2.20	0.78	74	26
			— 1.43						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

80. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVII, bezeichnet b. Entnommen wie in beiden vorhergehenden Versuchen einer Rabatte des Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing. Die Trocknung geschah auf einem luftigen Scheunendachboden. Die Witterung war kühl und trüb. Deshalb schritt die Trocknung nur langsam vorwärts. Nach 9 Tagen, als der Versuch abgebrochen wurde, war das Gras noch nicht ganz trocken.

	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30. Juni	1.	2. Juli
Tagestemperatur	12.7	13.9	13.9	13.2	13.3	15.6	13.8	10.3	10.2	10.4° C.

Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	Stickstoff in 100 wasserfreier untersuchter Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Stickstoff in 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz: Gesamt-N	Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 Gesamtstickstoff treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N
Vakuum, Gras XVII g	3 b	98	23.39	0.0	3.00	2.72	0.28	3.00	2.72	0.28	91	9
Schatten, gewelkt Gras, XVII b .	9 d	13	20.52	— 12.3	3.51	2.35	1.16	3.08	2.06	1.02	67	33
			— 2.87						—	+	—	+

Der Eiweiss-N wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.
Der Amid-N wurde mehr . . „ „ „ „ „

Die Ergebnisse lassen sich folgendermassen zusammenstellen:

(Siehe die Tabelle auf S. 153 und 154.)

Bei der Untersuchung der 6 verschiedenen Grassorten fand sich im frischen Gras ein annähernd gleiches Verhältnis von Eiweisstickstoff zu Amidstickstoff (89 : 11).

Der Gehalt an Eiweissstickstoff ist bei allen untersuchten Heuarten geringer als im frischen Gras gleicher Herkunft, der Gehalt an Amidstickstoff infolgedessen natürlich höher. Es findet also in allen Fällen der langsamen Trocknung des Grases (Heuwerbung) eine teilweise Zerlegung des Eiweisses statt.

Versuchsnummer	Bezeichnung:	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Von 100 g Gesamt-N treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 ursprünglich. Eiweiss-N wurden beim Trocknen in Amid-N verwandelt	Art der Trocknung:	Zeit der Trocknung:	Bemerkungen
66	Festuca pratensis	3 h	98	88	12	—	Vakuum	31. Mai 1907	
69	Poa pratensis	„	98	91	9	—	„	30. August 1907	
70	Onobrychis sativa	„	98	89	11	—	„	13. Juni 1907	
73	Gemischtes Gras	„	98	85	15	—	„	29. Oktober 1907	
75	Gras I	„	98	90	10	—	„	19. Mai 1908	
78	Gras XVII	„	98	91	9	—	„	23. Juni 1908	
	Mittel aus 6 Versuchen:			89	11				
66	Festuca pratensis	3 h	98	88	12	—	Vakuum	31. Mai 1907	
66	„ „	4 d	14	75	25	15	Zimmer (Schatten)	31. Mai bis 4. Juni 1907	
67	„ „	$6^1/_2$ d	14	79	21	10	Gartenhaus (Schatten)	31. Mai bis 6. Juni 1907	
68	„ „	$7^1/_2$ d	11	73	27	17	Keller	31. Mai bis 7. Juni 1907	
69	Poa pratensis	3 h	98	91	9	—	Vakuum	30. August 1907	
69	„ „	7 d	15	72	28	21	Gartenhaus (Schatten)	30. Aug. bis 6. Sept. 1907	

Versuchsnummer	Bezeichnung:	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Von 100 g Gesamt-N treffen auf: Eiweiss-N	Amid-N	Von 100 ursprünglich. Eiweiss-N wurden beim Trocknen in Amid-N verwandelt	Art der Trocknung:	Zeit der Trocknung:	Bemerkungen
70	Onobrychis sativa	3 h	98	89	11	—	Vakuum	13. Juni 1907	
70	„ „	5 d	16	67	33	25	bewölkter Himmel	13. bis 18. Juni 1907	
71	„ „	6 d	16	60	40	33	Gartenhaus (Schatten)	13. bis 19. Juni 1907	
72	„ „	7 d	13	57	43	36	Keller	13. bis 20. Juni 1907	
73	Gemischtes Gras	3 h	98	85	15	—	Vakuum	29. Oktober 1907	
73	„ „	5 d	9	77	23	9	teilweise Sonnenschein	29. Okt. bis 2. Nov. 1907	
74	„ „	14 d	8	72	28	15	Keller	29. Okt. bis 11. Nov. 1907	
75	Gras I	3 h	98	90	10	—	Vakuum	19. Mai 1908	
75	„ Ia	2 d	19	82	18	9	Sonne	19. bis 21. Mai 1908	
76	„ Ib	$3^1/_2$ d	20	55	45	39	anfangs Schatten, später Sonne	19. bis 22. Mai 1908	etwas etioliert
77	„ Ic	$4^1/_2$ d	18	51	49	43	desgl.	19. bis 23. Mai 1908	etwas etioliert
78	Gras XVII	3 h	98	91	9	—	Vakuum	23. Juni 1909	
78	„ XVII f	$3^2/_3$ d	13	78	22	14	bewölkter Himmel	23. bis 28. Juni 1909	
79	„ XVII e	9 d	13	74	26	18	Schatten	23. Juni bis 2. Juli 1909	nach 5 Tagen durch Sprühregen nass
80	„ XVII a	9 d	13	67	33	26	Schatten, nicht ganz trocken geworden	23. Juni bis 2. Juli 1909	nach 5 Tagen durch Sprühregen nass

Die Abnahme des Gehaltes an Eiweisstickstoff ist um so grösser:

1. je länger die Trocknung dauert,
2. je höher die Temperatur hierbei ist.

Die Verluste an Eiweiss sind eine Folge der Lebenstätigkeit der Pflanze. Das zeigt die Versuchsreihe Gras XVII.

Dasselbe Gras:

	Eiweiss-N	Amid-N
Versuch 78 im Vakuum bei 98° in 3^h getrocknet . . .	91	9
Versuch 78 bei bewölktem Himmel bei 13° in $4^2/_3{}^d$ getrocknet	78	22
Versuch 79 bei bewölktem Himmel bei 13° in 5^d getrocknet, dann von Sprühregen benässt und erst nach 4 Tagen wieder ganz trocken, also endgültig bei 13° in 9^d getrocknet	74	26
Versuch 80 im Schatten bei 13° 9^d gestanden und noch nicht ganz trocken	67	33

Die nachträgliche Beregnung und die daraus folgende Begünstigung der Mikroorganismenentwicklung war also so gut wie ohne Einfluss auf den Eiweissgehalt des Heues.

Ein Verlust der Gesamtmenge des Stickstoffs bei der Dürrheubereitung konnte in keinem Falle festgestellt werden.

Die Annahme, dass die Umwandlung des Eiweisstickstoffs in Amidstickstoff bei der Dürrheubereitung auf die Lebenstätigkeit der Zelle und nicht auf die Wirkung von Mikroorganismen zurückzuführen ist, deckt sich mit einer Beobachtung Russells ([49]), wonach in mit Toluol getötetem und sterilisiertem Mais die Enzyme allein einen Abbau von Eiweiss zu Amiden herbeiführten.

Veränderungen des Rohfettes.

Methode s. S. 54.

81. Versuch: 31. Mai bis 4. Juni 1907.

Festuca pratensis. Entnommen wie bei Versuch 66 S. 144 einer Reinsaat im damaligen Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule in München (Ostermaiergarten). Das Gras war kräftig entwickelt und stand vor der Blüte.

Das Gras trocknete im Zimmer (Schatten) hinter offenem Fenster in 4 Tagen. Tagestemperatur s. S. 144.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	23.0	0.0	3.9	3.9	0
Zimmer . .	4 d	14	21.2	— 7.8	3.0	2.7	— 31
			— 1.8			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

82. Versuch. 31. Mai bis 6. Juni 1907.

Festuca pratensis. Entnommen wie bei Versuch 67 S. 145 einer Reinsaat im damaligen Versuchsgarten der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Das Gras war kräftig entwickelt und stand vor der Blüte.

Das Gras trocknete im Gartenhaus im Schatten, vor Regen und Tau geschützt, in $6^1/_2$ Tagen. Tagestemperatur s. S. 145.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	23.0	0.0	3.9	3.9	0
Gartenhaus .	$6^1/_2$ d	14	20.6	— 10.4	3.3	2.9	— 26
			— 2.4			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

83. Versuch. 29. Oktober bis 2. November 1907.

Gemischtes Gras. Entnommen wie bei Versuch 73 S. 148 einer Rasenfläche des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Der Rasen war

schon wiederholt geschnitten worden. Fertile Sprosse waren nicht vorhanden.

Die Trocknung geschah bei wenig bewölktem Himmel, teilweise im Sonnenschein. Tagestemperatur s. Versuch 73 S. 148.

1. Trocknungsart	2. Trocknungsdauer	3. Trocknungstemperatur °	4. Gesamttrockenmasse	5. Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	6. In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	7. In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	8. Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	21.98	0.0	6.1	6.1	0
Sonne . .	5 d	9	21.11	— 4.0	4.5	4.4	— 26
			— 0.87			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

84. Versuch. 29. Oktober bis 11. November 1907.

Gemischtes Gras. Entnommen wie im vorigen Versuch einer Rasenfläche des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Der Rasen war schon wiederholt geschnitten worden. Fertile Sprosse waren nicht vorhanden.

Das Gras lag zur Trocknung in einem lichten (ungeheizten), kellerähnlichen Raum und brauchte bis zur Heudürre 14 Tage.

Die Temperatur betrug im Durchschnitt 8°.

Tagestemperatur s. S. 149.

1. Trocknungsart	2. Trocknungsdauer	3. Trocknungstemperatur °	4. Gesamttrockenmasse	5. Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	6. In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	7. In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	8. Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	21.98	0.0	6.1	6.1	0
Keller . .	14 d	8	21.29	— 3.1	5.2	5.0	— 18
			— 0.69			—	

Das Rohfett nahm ab im Vergleich zu dem vakuumtrocknen Gras.

85. Versuch: 13.—19. Juni 1907.

Onobrychis sativa. Entnommen wie bei Versuch 71. Die Pflanzen standen in der Blüte.

Die Trocknung geschah im Freien im künstlichen Schatten und dauerte 6 Tage.

Tagestemperatur s. S. 147.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	20.2	0.0	4.5	4.5	0
Gartenhaus .	6 d	16	18.2	— 9.9	3.9	3.5	— 22
			— 2.0			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zur vakuumtrocknen Esparsette.

86. Versuch: 13.—20. Juni 1907.

Onobrychis sativa. Entnommen wie bei Versuch 72 S. 148 einem Beete des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Die Pflanzen standen in Blüte. Nach dem Schnitte welkten sie 7 Tage in einem lichten Keller. Als der Versuch nach 7 Tagen abgebrochen wurde, war die Esparsette noch nicht ganz trocken.

Tagestemperatur durchschnittlich 13° C.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	20.2	0.0	4.5	4.5	0
Keller . .	7 d	13	18.95	— 6.2	4.4	4.1	— 9
			— 1.25			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zur vakuumtrocknen Esparsette.

87. Versuch: 19—21. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet a. Entnommen, wie im Versuch 5 S. 78 beschrieben, am 19. Mai 1908 vormittags 10 Uhr einem Grasbeet des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras stand vor der Blüte und bestand fast ausschliesslich aus Poa pratensis.

Die Heuwerbung geschah im Freien bei warmem Sonnenschein. Die Trocknung dauerte 2 Tage.

Tagestemperatur s. S. 79.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	21.61	0.0	4.4	4.4	0
Sonne . .	2 d	19	20.65	— 4.4	3.4	3.2	— 27
			— 0.96			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

88. Versuch: 19.—22. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet b. Entnommen wie Gras I a im vorigen Versuch und in Versuch 17. Das Gras stand vor der Blüte und bestand hauptsächlich aus Poa pratensis. Die Trocknung geschah anfangs in einem düsteren schwülen Zimmer, nach 2 Tagen an der Sonne und dauerte $3^1/_2$ Tage. Die Pflanzen waren etwas etioliert.

Tagestemperatur s. S. 90.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	21.61	0.0	4.4	4.4	0
Schatten, später Sonne	$3^1/_2$ d	20	19.50	— 9.8	3.3	3.0	— 32
			— 2.11			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

89. Versuch: 19.—23. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet c. Entnommen, wie bei den beiden vorigen Versuchen, vor der Blüte. Poa pratensis.

Die Trocknung geschah zuerst in einem schwülen düstren Zimmer, dann nach 2 Tagen im Schatten hinter offenen Fenstern und schliesslich, um die Trocknung zu beschleunigen, nach dem 3. Tage an der Sonne (s. Versuch 18 S. 91). Die Trocknung dauerte $4^1/_2$ Tage. Das Gras war etwas etioliert.

Tagestemperatur s. Versuch 18 S. 91.

1. Trocknungsart	2. Trocknungsdauer	3. Trocknungstemperatur °	4. Gesamttrockenmasse	5. Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	6. In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	7. In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	8. Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	21.61	0	4.4	4.4	0
Schatten, später Sonne	$4^1/_2$ d	18	18.46	— 14.6	3.07	2.6	— 41
			— 3.15			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

90. Versuch: 23.—27. Juni 1909.

Gras XVII, bezeichnet f. Entnommen am 23. Juni nachmittags 4 Uhr einer Rabatte auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule in Obermenzing bei München. Das Gras war schon einmal geschnitten. Fertile Sprosse waren nicht entwickelt.

Die Trocknung geschah im Freien auf einem Schubbrett vor der Scheune des Versuchsfeldes. Bei Regen und während der Nacht wurde das Gras in die luftige Scheune hereingezogen.

Tagestemperatur s. Versuch 78 S. 151.

1. Trocknungsart	2. Trocknungsdauer	3. Trocknungstemperatur °	4. Gesamttrockenmasse	5. Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	6. In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	7. In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	8. Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	23.39	0	5.2	5.2	0
Schatten .	$3^2/_3$ d	14	22.39	— 4.3	5.0	4.8	— 8
			— 1.00			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

91. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVII, bezeichnet e. Entnommen wie im vorigen Versuch. Ausführliche Beschreibung der Trocknung s. S. 101. Das Gras lag auf einem Schubbrett vor der Scheune im Freien und trocknete bei bewölktem Himmel in etwa 5 Tagen. Nach Eintritt der Heudürre wurde das Gras durch einen Sprühregen nass. Dann lag es wieder zum Trocknen im Freien, nur bei Regen und während der Nacht auf dem luftigen Dachboden der Scheune. Zum Wiedertrocknen brauchte es 4 Tage. Im ganzen dauerte die Trocknung also 9 Tage.

Tagestemperatur s. Versuch 24 a S. 101.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	23.39	0	5.2	5.2	0
Schatten und besprengt	9 d	13	21.96	— 6.1	4.7	4.4	— 15
			— 1.43			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

92. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli.

Gras XVII, bezeichnet b. Entnommen wie in beiden vorhergehenden Versuchen. Die Trocknung geschah auf dem luftigen Dachboden der Scheune. Das Wetter war kühl und trüb, deshalb schritt die Trocknung nur langsam vorwärts. Nach 9 Tagen wurde der Versuch abgebrochen. Das Gras war noch nicht ganz trocken.

Tagestemperatur s. Versuch 80 S. 152.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Gesamttrockenmasse	Von 100 ursprünglicher Trockenmasse gingen verloren	In 100 wasserfreier untersuchter Substanz waren Rohfett %	In 100 wasserfreier ursprünglicher Substanz waren Rohfett %	Von 100 ursprünglich vorhandenem Rohfett gingen verloren %
Vakuum . .	3 h	98	23.39	0	5.2	5.2	0
Schatten . .	9 d	13	20.52	— 12.3	5.1	4.5	— 14
			— 2.87			—	

Das Rohfett wurde weniger im Vergleich zum vakuumtrocknen Gras.

Versuchsnummer	Bezeichnung	Zeit des Trocknens:	Art des Trocknens:	Dauer	Temperatur °	Verlust von 100 ursprünglicher Trockenmasse	In 100 Trockenmasse Fett %	Von 100 Fett gingen verloren
81	Festuca pratensis	31. Mai 1908	Vakuum	3 h	98	0	3.9	0
81	„ „	31. Mai bis 4. Juni 1908	im Zimmer hinter offenem Fenster	4 d	14	— 7.8	2.7	— 31
82	„ „	31. Mai bis 6. Juni 1908	im Gartenhaus (Schatten)	$6^1/_2$ d	14	— 10.4	2.9	— 26
83	Gemischtes Gras	29. Oktober 1907	Vakuum	3 h	98	0	6.1	0
83	„ „	29. Okt. bis 2. Nov. 1907	Sonnenschein, teilweise bewölkter Himmel	5 d	9	— 4.0	4.4	— 26
84	„ „	29. Okt. bis 11. Nov. 1907	Keller	14 d	8	— 3.1	5.0	— 18
85	Onobrychis sativa	13. Juni 1907	Vakuum	3 h	98	0	4.5	0
85	„ „	13.—19. Juni 1907	Gartenhaus (Schatten)	6 d	16	— 9.9	3.5	— 22
86	„ „	13.—20. Juni 1907	Keller	7 d	13	— 6.2	4.1	— 9
87	Gras I d	19. Mai 1908	Vakuum	3 h	98	0	4 4	0
87	„ I a	19.—21. Mai 1908	Sonne	2 d	19	— 4.4	3.2	— 27
88	„ I b	19.—22. Mai 1908	teils im Schatten des Hauses, teils im düsteren Zimmer, endlich Sonne	$3^1/_2$ d	20	— 9.8	3.0	— 32
89	„ I c	19.—23. Mai 1908	düsteres Zimmer, endlich Sonne	$4^1/_2$ d	18	— 14.6	2.6	— 41
90	Gras XVII g	23. Juni 1909	Vakuum	3 h	98	0	5.2	0
90	„ XVII f	23.—27. Juni 1909	bewölkter Himmel	$3^2/_3$ d	13	— 4.3	4.8	— 8
91	„ XVII e	23. Juni bis 2. Juli 1909	5 Tage bewölkter Himmel, dann Regen und nach 4 Tagen wieder trocken	9 d	13	— 6.1	4.4	— 15
92	„ XVII h	23. Juni bis 2. Juli 1909	Dachboden (Schatten)	9 d	13	— 12.3	4.5	— 14

1. Das Rohfett hat in allen Fällen der Dürrheubereitung an Menge abgenommen.
2. Die Grösse des Verlustes an Rohfett steht in keiner Beziehung zu der Grösse des Verlustes an Gesamttrockenmasse. Dagegen scheint ein Zusammenhang zwischen der Stärke der Belichtung und dem Verlust an Rohfett zu bestehen, da die Verluste bei Sonnenschein verhältnismässig grösser sind als die im Schatten und diese wiederum grösser als die Verluste, die beim Liegen im Keller auftreten.
3. Bei annähernd gleicher Temperatur und Belichtung stieg der Verlust mit der Trocknungsdauer (Versuch 88 und 89).

Kohlehydrate und wasserlösliche Bestandteile.

Voraussichtlich waren auch die Kohlehydrate an den bei der Heuwerbung eintretenden Verlusten beteiligt. Um die Grösse dieses Anteils festzustellen, wurde folgendermassen verfahren:

1. Zur Bestimmung der N-freien Extraktstoffe wurde wie gewöhnlich die Summe von Rohasche, Rohfaser, Rohprotein und Rohfett, die in der untersuchten Substanz gefunden wurde, von 100 abgezogen. Die so ermittelte Zahl, reduziert auf ursprüngliche Substanz, differierte bei im Vakuum rasch getrocknetem Gras und dem aus demselben Gras gewonnenen Heu mehr oder weniger. Die Differenz gab den Verlust an N-freien Extraktstoffen.
2. Dann wurde die feinst gemahlene wasserfreie Substanz mit Äther extrahiert und der Rückstand mit Wasser wiederholt ausgekocht und ausgewaschen. Von den gesammelten Waschwässern wurde ein Teil eingedampft, der Rückstand gewogen, verascht und aus der Differenz die Menge der in Wasser löslichen organischen Stoffe ermittelt. Mit einem anderen Teil wurde die Trennung der Dextrine von den in 90 % Alkohol löslichen Zuckerarten ausgeführt, wie ihn KÖNIG ([30]) auf S. 226 beschrieben, und nach Hydrolyse mit Salzsäure mit Fehlingscher Lösung ihre Menge festgestellt. Der in 90 % Alkohol lösliche Teil wurde eingedampft, in Wasser gelöst, auf ein bestimmtes Volumen gebracht und in aliquoten Teilen, die direkt reduzierenden Substanzen, berechnet als Dextrose und

die nach Inversion mit verdünnter Salzsäure reduzierenden Substanzen, berechnet als Rohrzucker, bestimmt.

3. Endlich wurde die feinst gemahlene wasserfreie Substanz mit Äther extrahiert, der trockene Rückstand in ein Soxhletfläschchen gebracht, mit Wasser versetzt und im Dampftopf (bei 3 Atmosphären 3—4 Stunden lang) erhitzt, „aufgeschlossen". Dann wurde filtriert, bis zum Verschwinden der Jodreaktion mit siedendem Wasser nachgewaschen, mit verdünnter Salzsäure invertiert und nach Meissl reduziert. Von dem erhaltenen Kupfer wurden die unter 2 erhaltenen Kupfermengen (entsprechend gleicher Substanz natürlich) abgezogen und mit dem Rest aus der Tabelle die Stärke ermittelt.

93. Versuch: 19.—21. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet a. Entnommen am 19. Mai 1908 vormittags 10 Uhr einem Grasbeete des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten). Das Gras bestand hauptsächlich aus Poa pratensis. Es stand vor der Blüte (s. auch die Versuche 5, 52, 75, 87 S. 78, 129, 149, 159).

Die Heuwerbung geschah im Freien bei warmem Sonnenschein und dauerte 2 Tage.

	19.	20.	21. Mai
Tagestemperatur	20.5	17.3	20.3 ° C.
Die Sonne schien	13	$1^1/_2$	12^h

Zum Vergleich wurde Gras I d, das an derselben Stelle gleichzeitig mit Gras I a geschnitten worden war, rasch im Vakuum getrocknet (3^h 98°) in der Voraussetzung, dass bei dieser Trocknungsart Verluste nicht eintreten.

A. Die untersuchte Substanz enthielt:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse (s. S. 78)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras I d	Vakuum	3^h	98	21.61	19.7	4.4	26.9	7.7	41.3
Gras I a	Sonne	2^d	19	20.65	20.1	3.4	28.1	8.2	40.2
		Differenz:		— 0.96	+ 0.4	— 1.0	+ 1.2	+ 0.5	— 1.1

Die Zusammenstellung der Analysenresultate beider Heuarten gleicher Herkunft ergab kein klares Bild von den Vorgängen bei der Heuwerbung.

Rohprotein ungefähr gleich (0.4 % Rohprotein bedeuten 0.06 % N), Rohfett zeigt Abnahme, Rohfaser zeigt Zunahme, Rohasche Zunahme, N-freie Extraktstoffe Abnahme.

B. Berechnet man jedoch die Zahlen auf die gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21.61	19.7	4.4	26.9	7.7	41.3
Gras I a	Sonne	2 d	19	21.61	19.3	3.2	26.9	7.9	38.4
		Differenz:		0	— 0.4	— 1.2	0	+ 0.2	— 2.9

Die nunmehr erhaltenen Zahlen geben folgendes Bild von den Veränderungen, die bei der Heuwerbung des Grases I a vor sich gehen.

Gleich an Menge bleiben: Rohprotein (=),
Rohfaser (=),
Rohasche (=).

Abnahme zeigen: Rohfett um 1.2, d. i. 27 % (—),
N-fr. Extr. um 2.9, d. i. 7 % (—).

Um den Gesamtverlust aus der Futtermittelanalyse zu erkennen, hat man die Summe sämtlicher reduzierter Zahlen von 100 abzuziehen,

$$100 - (19.3 + 3.2 + 26.9 + 7.9 + 38.4) = 100 - 95.7 = 4.3.$$

Wie sich die Verluste an N-freien Extraktstoffen verteilen, zeigt folgende Zusammenstellung:

C. In der untersuchten Substanz waren:

1.	2.	3.	4.	5.	6	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse (s. S. 78)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21 61	18.29	6.52	1.20	2.56	5.46	15.74
Gras I a	Sonne	2 d	19	20 65	19 17	6 93	1.05	1.51	3.47	12.96
			Differenz:		— 0.96	+ 1.12	+ 0.41	— 0.15	— 1.05	— 1.99	— 2.78

Scheinbare Zunahme zeigen die wasserlöslichen organischen Stoffe und die Stärke.

Scheinbare Abnahme zeigt die Saccharose, die Dextrose und die Summe der Kohlehydrate.

D. Berechnet man jedoch die Zahlen auf gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21.61	18.29	6 52	1.20	2.56	5.46	15.74
Gras 1 a	Sonne	2 d	19	21 61	18.32	6.62	1 00	1 46	3 31	12.38
			Differenz:	0	0	+ 0.10	— 0.2	— 1.10	— 2.15	— 3.36
			Verlust von 100 Teilen:	0	0	0	17 %	43 %	39 %	21 %

Es blieben gleich: die wasserlöslichen organischen Stoffe (=),
die Stärke (=).

Es nahmen ab: die Saccharose um 1.10 = 43 % (—),
die Dextrose um 2.15 = 39 % (—),
die Summe der Kohlehydrate um 3.36 = 21 % (—).

Die Abnahme der Dextrine liegt nahe an der Fehlergrenze.

Die Ergebnisse dieses Versuches lassen sich folgendermassen zusammenstellen:

I. Gesamtverlust an Trockenmasse auf zweifache Weise ermittelt:
   1. durch direkte Wägung (Versuch 5 S. 78) . . 4.4 %
   2. aus den reduzierten Ergebnissen der Futtermittelanalysen (S. 165) . . . . . 4.3 „
   Mittel: 4.4 %

II. Verlust an N-freien Extraktstoffen auf dreifache Weise ermittelt:
   1. berechnet aus den reduzierten N-freien Extraktstoffen (S. 165, Tabelle B, Kolumne 10) . . 2.9 %
   2. berechnet aus dem Verlust der einzeln bestimmten Kohlehydrate (S. 166, Tabelle D, Kolumne 11) 3.4 „
   3. berechnet aus der Differenz von I 1 und dem Verlust an Rohfett (S. 165) 4.4 — 1.2 = . . 3.2 „
   Mittel: 3.2 %

III. Die beim Trocknen an der Sonne gefundenen Verluste von 4.4 % der Trockenmasse erstrecken sich nach diesem Versuch auf:

Rohfett 1.2 %, das ist 27 % des vorhandenen Rohfettes.
N-freie Extraktstoffe 3.2 %, nämlich:

Dextrine .	0.2, d. i. 17 %	der ursprünglich vorhandenen Stoffe
Saccharose	1.1, d. i. 43 %	
Dextrose .	2.2, d. i. 39 %	
Summe	3.5	

Von den N-freien Extraktstoffen trugen den Gesamtverlust die Kohlehydrate.

94. Versuch: 19.—23. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet b. Entnommen, wie im Versuche 17, 53, 76, 88 S. 89, 129, 150, 159, am 19. Mai vormittags 10 Uhr einem Grasbeet des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München (Ostermaiergarten).

Das Gras bestand hauptsächlich aus Poa pratensis und stand vor der Blüte. Die Heuwerbung geschah anfangs in einem düsteren schwülen Zimmer, später an der Sonne, wie Versuch 17 S. 89 ausführlich beschrieben. Das Wetter war warm, die Trocknung dauerte $3^1/_2$ Tage.

	19.	20.	21.	22. Mai
Tagestemperatur	20.5	17.3	20.2	23.3° C.

Zum Vergleich wurde Gras I d, das an derselben Stelle und gleichzeitig mit Gras I a—c geschnitten worden war, rasch im Vakuum getrocknet (3h 98°), in der Voraussetzung, dass bei dieser Trocknungsart Verluste nicht eintreten.

A. Die untersuchte Substanz enthielt:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse (s. S. 89)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras I d	Vakuum	3h	98	21.61	19.7	4.4	26.9	7.7	41.3
Gras I h	Schatten	3½ d	20	19 5	21.5	3.3	29.4	8.7	37.1
		Differenz:		— 2.11	+ 1.8	— 1.1	+ 2.5	+ 1.0	— 4.2

Die Zusammenstellung der Analysenresultate beider Heuarten von gleicher Herkunft, aber sehr ungleicher Trocknungsart, ergab kein klares Bild von den Vorgängen bei der Heuwerbung:

Rohprotein, Rohfaser und Rohasche nahmen zu, Rohfett und N-freie Extraktstoffe nahmen ab.

B. Berechnet man jedoch die Zahlen auf die gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras I d	Vakuum	3h	98	21.61	19.7	4.4	26.9	7.7	41.3
Gras I b	Schatten	3½ d	20	21.61	19.4	3.0	26 5	7.8	33.4
		Differenz:		0	— 0.3	— 1.4	— 0.4	+ 0.1	— 7.9

Die nunmehr erhaltenen Zahlen geben folgendes Bild von den Veränderungen, die bei der Heuwerbung des Grases I b vor sich gingen:

Gleich blieben an Menge: Rohprotein (=),
Rohfaser (=),
Rohasche (=).

Abnahme zeigten: Rohfett um 1.4, d. i. 32 % (—),
N-fr. Extr. um 7.9, d. i. 19 % (—).

Um den Gesamtverlust aus der Futtermittelanalyse zu ermitteln, hat man die Summe sämtlicher reduzierter Zahlen (Tabelle B Kolumne 6 mit 10) von 100 abzuziehen, also:

$$100 - (19.4 + 3.0 + 26.5 + 7.8 + 33.4) = 100 - 90.1 = 9.9.$$

Wie sich die Verluste an N-freien Extraktstoffen verteilen, zeigt folgende Zusammenstellung.

C. In der untersuchten Substanz waren:

1.	2.	3.	4	5.	6.	7.	8.	9	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	° Trocknungstemp.	Trockenmasse (s. S. 89)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21.61	18.29	6.52	1.20	2.56	5.46	15.74
Gras I b	Schatten	3 1/2 d	20	19.50	19.16	—	1 12	0 37	2.22	—
		Differenz:		— 2.11	+ 0.87	—	— 0.08	— 2.19	— 3.24	—

Die Stärkebestimmung musste wegen Mangel an Substanz unterbleiben.

Zunahme zeigten die wasserlöslichen organischen Stoffe.

Gleich blieb das Dextrin.

Abnahme zeigte die Saccharose und die Dextrose.

D. Berechnet man jedoch die Zahlen auf gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemp.	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21.61	18.29	6.52	1.20	2.56	5.46	15.74
Gras I b	Schatten	3 1/2 d	20	21.61	17 27	—	1 01	0 33	2 00	—
		Differenz:		0	— 1.02	—	— 0.19	— 2.23	— 3.46	—
		Verlust von 100 Teilen:		0	— 5.6 %	—	15 %	— 87 %	63 %	—

Es nahmen ab:
die wasserlöslichen organischen Stoffe (unbedeutend) 1.02.
die Dextrine (unbedeutend) 0.10.

Bedeutende Abnahme zeigten:
die Saccharose 2.23, d. i. 87 % } des ursprünglich noch
die Dextrose 3.46, d. i. 63 % } vorhandenen Stoffes.

Die Ergebnisse dieses Versuches lassen sich folgendermassen zusammenstellen:

I. Gesamtverlust an Trockenmasse auf zweifache Weise ermittelt:
1. durch direkte Wägung (Versuch 17, S. 89) . 9.8 %
2. aus den reduzierten Ergebnissen der Futtermittelanalyse (S. 169) . . . . . 9.9 „
Mittel: 9.9 %

II. Verlust an N-freien Extraktstoffen auf zweifache Weise ermittelt:
1. berechnet aus den reduzierten N-freien Extraktstoffen (S. 168, Tabelle B, Kolumne 10) . . 7.9 %
2. berechnet aus der Differenz von I 1 und dem Verlust an Rohfett (S. 168, Tab. B, Kol. 7) 9,8 — 1.4 8.4 „
Mittel: 8.2 %

III. Die beim langsamen Trocknen im Schatten gefundenen Verluste von 9,9 % der Trockenmasse erstrecken sich nach diesem Versuche auf:

Rohfett 1.4, d. i. 32 % des vorhandenen Rohfettes,

N-freie Extraktstoffe 8.2, d. i. 20 % der vorhandenen N-freien Extraktstoffe, nämlich:

Dextrine .	0.19, d. i. 15 %	der ursprünglich vorhandenen Stoffe
Saccharose	2.23, d. i. 87 „	
Dextrose .	3.46, d. i. 63 „	
Summe	5.88 %	

Es fehlen also noch 2.3 % der N-freien Extraktstoffe, die an der Stärke oder an anderen nicht bestimmten Stoffen verloren gegangen sein können.

95. Versuch: 19.—24. Mai 1908.

Gras I, bezeichnet c. Entnommen wie in Versuch 18, 54, 77, 89. S. 91, 130, 150, 160 am 19. Mai vormittags 10 Uhr einem Grasbeet des damaligen Versuchsgartens der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule in München (Ostermaiergarten). Das Gras bestand hauptsächlich aus Poa pratensis und stand vor der Blüte. Die Heuwerbung geschah anfangs in einem düsteren, schwülen Zimmer nach 2 Tagen im Schatten hinter offenem Fenster. Da das Gras etwas etiolierte, wurde es nach dem 3. Tag an die Sonne gebracht, wie bei Versuch 18 S. 91 ausführlich beschrieben. Das Wetter war warm, nur gegen das Ende der Trocknung kühl.

	19.	20.	21.	22.	23. Mai
Tagestemperatur . . .	20.5	17.3	20.2	22.4	8.3 ° C.

Zum Vergleiche wurde wie in Versuch 94 und 95 das Gras I d herangezogen, das gleichzeitig mit Gras Ia—c am gleichen Platze geschnitten worden war und rasch im Vakuum getrocknet wurde.

A. Die untersuchte Substanz enthielt:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse (s. S. 91)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21.61	19.7	4.4	26.9	7.7	41.3
Gras I c	Schatten	4 1/2 d	18	18 46	22.2	3.1	31.5	9 0	34 2
		Differenz:		— 3.15	+ 2.5	— 1.3	+ 4.6	+ 1.3	— 7.1

Die Zusammenstellung der Analysenresultate beider Heuarten von gleicher Herkunft aber sehr ungleicher Trocknungsart ergab kein klares Bild von den Vorgängen der Heuwerbung.

Rohprotein, Rohfaser und Rohasche zeigten bedeutende Zunahme, Rohfett und N-freie Extraktstoffe zeigten eine beträchtliche Abnahme.

B. Berechnet man jedoch die Zahlen auf die gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21.61	19.7	4.4	26.9	7.7	41.3
Gras I c	Schatten	$4^1/_2$ d	18	21.61	19.0	2.6	26.9	7.7	29.2
		Differenz:		0	— 0.7	— 1.8	0	0	— 12.1

Die nunmehr erhaltenen Zahlen geben folgendes Bild von den Veränderungen, die bei der Heuwerbung des Grases I c vor sich gingen:

Gleich blieben an Masse: Rohprotein (0.7 Rohprotein = 0.11 % N) (=),
Rohfaser (=),
Rohasche (=).

Abnahme zeigten: Rohfett um 1.8, d. i. 41 % (—),
N-fr. Extraktstoffe um 12.1,
d. i. 29 % (—).

Um den Gesamtverlust aus der Futtermittelanalyse zu erhalten, hat man die Summe sämtlicher reduzierter Zahlen (Tabelle B, Kolumne 6 mit 10) von 100 abzuziehen, also:

$$100 - (19.0 + 2.6 + 26.9 + 7.7 + 29.2) = 100 - 85.4 = 14.6.$$

Wie sich die Verluste an N-freien Extraktstoffen verteilen, zeigt folgende Zusammenstellung.

C. In der untersuchten Substanz waren:

1.	2.	3.	4.	5.	6	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	° Trocknungstemp.	Trockenmasse (s. S. 91)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21.61	18.29	6.52	1.20	2.56	5.46	15.74
Gras I c	Schatten	4 1/2 d	18	18.46	21.17	5.74	1.13	0.63	0 76	8.26
		Differenz:		— 3.15	+ 2.88	— 0.78	0	— 1.93	— 4.70	— 7.48

Zunahme zeigten nur die wasserlöslichen organischen Substanzen, gleich blieb sich das Dextrin, während die Stärke geringe Abnahme zeigte, beträchtliche Abnahme endlich die Saccharose und Dextrose.

D. Berechnet man jedoch die Zahlen auf gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	° Trocknungstemp.	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras I d	Vakuum	3 h	98	21.61	18.29	6 52	1.20	2.56	5.46	15.74
Gras I c	Schatten	4 1/2 d	18	21 61	18.05	4 90	0 97	0.54	0.65	7.05
		Differenz:		0	— 0.24	— 1.62	— 0.23	— 2.02	— 4.81	— 8.69
		Verlust an 100 Teilen:		0	1.3 %	25 %	19 %	79 %	88 %	55 %

Es nahmen ab:

die wasserlöslichen organischen Stoffe (unbedeutend) 0.24.
die Dextrine (unbedeutend) 0.23.

Bedeutende Abnahme zeigten:

die Stärke	1.62, d. i. 25 %	(—),
die Saccharose	2.02, d. i. 79 „	(—),
die Dextrose	4.81, d. i. 88 „	(—),
Gesamtabnahme der Kohlehydrate .	8.69, d. i. 55 „	(—).

Die Ergebnisse dieses Versuches lassen sich folgendermassen zusammenstellen:

I. Gesamtverlust an Trockenmasse auf zweifache Weise ermittelt:
   1. durch direkte Wägung (S. 91) . . . . . 14.6 %
   2. aus den reduzierten Ergebnissen der Futtermittelanalyse (S. 172) . . . . . 14.6 „

   Mittel: 14.6 %

II. Verlust an N-freien Extraktstoffen auf zweifache Weise ermittelt:
   1. berechnet aus den reduzierten N-freien Extraktstoffen (S. 172, Tabelle B, Kolumne 10) . . 12.1 %
   2. berechnet aus der Differenz von I 1 und dem Verlust an Rohfett (S. 172, Tabelle B, Kolumne 7) 14.6 — 1.8 . . . . . 12.8 „

   Mittel: 12.5 %

III. Die beim langsamen Trocknen im Schatten gefundenen Verluste von 14.6 % der Trockenmasse erstrecken sich auf:
   Rohfett 1.8, d. i. 41 % des ursprünglich vorhandenen Rohfettes,
   N-freie Extraktstoffe 12.5, d. i. 30 % der ursprünglich vorhandenen N-freien Extraktstoffe, und zwar:

Stärke . .	1.62, d. i. 25 %	der ursprünglich vorhandenen Stoffe
Saccharose	2.02, d. i. 79 „	
Dextrose .	4.81, d. i. 88 „	
Summe	8.45 %.	

Es fehlen noch 4 % der N-freien Extraktstoffe, die wahrscheinlich an nicht bestimmten Stoffen verloren gegangen sind.

96. Versuch: 23.—28. Juni 1909.

Gras XVII, bezeichnet f. Entnommen am 23. Juni nachmittags 4 Uhr einer Rabatte auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing. Das Gras war schon einmal geschnitten. Fertile Sprosse waren nicht vorhanden. Während des Schnittes war es schwül, später kam ein Gewitter mit Temperatursturz und nach-

folgenden trüben, regnerischen Tagen. Die Heuwerbung geschah im Freien auf einem Schubbrett vor der Scheune. Bei Regen und während der Nacht wurde das Gras auf den Dachboden der luftigen Scheune hereingezogen. Die Trocknung dauerte $3^2/_3$ Tage (s. Versuch 10 a, 57, 78 S. 84, 131, 151).

	23.	24.	25.	26.	27. Juni
Tagestemperatur	12.5	14.3	14.0	14.1	13.5° C.

Zum Vergleiche wurde Gras XVII g herangezogen, das mit Gras XVII f zur gleichen Zeit und am gleichen Platze geschnitten und rasch im Vakuum getrocknet wurde in der Voraussetzung, dass Verluste hierbei nicht eintreten.

A. Die untersuchte Substanz enthielt:

1.	2	3.	4.	5.	6	7.	8	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse (s. S. 84)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	18.8	5.21	21.4	10.7	43.9
Gras XVII f	Schatten	$3^2/_3$ d	13	22 39	19 4	5.00	23.1	10.9	41.6
		Differenz:		— 1.00	+ 0.6	— 0.21	+ 1.7	+ 0.2	— 2.3

Die Zusammenstellung der Analysenresultate beider Heuarten von gleicher Herkunft, aber ungleicher Trocknungsart, ergab kein klares Bild von den Vorgängen der Heuwerbung.

Rohprotein, Rohfett und Rohasche blieben gleich, die Rohfaser nahm zu, die N-freien Extraktstoffe nahmen ab.

B. Berechnet man jedoch die Zahlen auf die gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	18 8	5.2	21.4	10.7	43.9
Gras XVII f	Schatten	$3^2/_3$ d	13	23.39	18.4	4 8	22 1	10.5	40.0
		Differenz:		0	— 0.4	— 0.4	+ 0.7	— 0.2	— 3.9

Die nunmehr erhaltenen Zahlen geben folgendes Bild von den Veränderungen, die bei der Heuwerbung des Grases XVII f vor sich gingen:

Gleich blieben an Masse: Rohprotein (=),
Rohfaser (=),
Rohasche (=).

Abnahme zeigten: Rohfett 0.4, d. i. 8 % (—),
N-fr. Extraktst. 3.9, d. i. 9 % (—).

Um den Gesamtverlust aus der Futtermittelanalyse zu erhalten, hat man die Summe sämtlicher reduzierter Zahlen (Tabelle B, Kolumne 6—10) von 100 abzuziehen, also:

$$100 - (18.4 + 4.8 + 22.1 + 10.5 + 40.0) = 100 - 95.8 = 4.2.$$

Wie sich die Verluste an N-freien Extraktstoffen verteilen, zeigt folgende Zusammenstellung.

C. In der untersuchten Substanz waren:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemp.	Trockenmasse (s. S. 84)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	26.4	7.8	1.1	1.8	5.5	16.2
Gras XVII f	Schatten	$3^2/_3$ d	13	22.39	26.5	7.8	0.6	1.5	4.2	14.1
		Differenz:		— 1.00	0	0	— 0.5	— 0.3	— 1.3	— 2.1

Gleich blieben die wasserlöslichen organischen Stoffe und die Stärke.

Geringe Abnahme zeigten Dextrin und Saccharose.

Deutliche Abnahme zeigten Dextrose und die Summe der bestimmten Kohlehydrate.

D. Berechnet man jedoch die Zahlen auf gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	° Trocknungstemp.	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	26.4	7.8	1.1	1.8	5.5	16.2
Gras XVII f	Schatten	3²/₃ d	13	23.39	25.4	7.5	0.6	1.4	4.0	13.5
		Differenz:		0	— 1.0	— 0.3	— 0.5	— 0.4	— 1.5	— 2.7
		Verlust von 100 Teilen:		0	4 %	3 %	45 %	22 %	27 %	17 %

Es war durchwegs eine Abnahme festzustellen und zwar ist eine Abnahme zu verzeichnen:

bei den wasserlöslichen organischen Stoffen (unbedeutend) . . . . . 1.0 = 4 % (=),
bei der Stärke (unbedeutend) . . . . . 0.3 = 3 „ (=),
gross ist der Verlust von Dextrin, 0.5, d. i. 45 % (unaufgeklärt) (—).
Bedeutend ist die Abnahme von Saccharose, 0.4, d. i. 22 % (—),
von Dextrose, 1.5, d. i. 27 „ (—).
Die Gesamtabnahme der Kohlehydrate 2.7, d. i. 17 „ (—).

Die Ergebnisse dieses Versuches lassen sich folgendermassen zusammenstellen:

I. Gesamtverlust an Trockenmasse in zweifacher Weise ermittelt:
1. durch direkte Wägung (S. 84) . . . . . 4.3 %
2. aus den reduzierten Ergebnissen der Futtermittelanalyse (S. 176) . . . . . 4.2 „
Mittel: 4.3 %

II. Verlust an N-freien Extraktstoffen in zweifacher Weise ermittelt:
1. berechnet aus den reduzierten N-freien Extraktstoffen (S. 175, Tabelle B, Kolumne 10) . . 3.9 %

2. berechnet aus der Differenz von I 1 und dem Verlust an Rohfett (S. 175, Tabelle B, Kolumne 7)
4.3 — 0.4 . . . . . 3.9 %

Mittel: 3.9 %

III. Die beim mässig raschen Trocknen im Schatten bei kühler Temperatur gefundenen Verluste von 4.3 % der Trockenmasse erstrecken sich auf:

Rohfett 0.4 = 8 % des ursprünglich vorhandenen Rohfettes,

N-freie Extraktstoffe 3.9 = 9 % der ursprünglich vorhandenen N-freien Extraktstoffe, und zwar:

Stärke	0.3 =	3 %,
Dextrin	0.5 =	45 „,
Saccharose	0.4 =	22 „,
Dextrose	1.5 =	27 „,
Summe	2.7	

Es fehlen noch 1.2 % N-freie Extraktstoffe, die möglicherweise zu Fehlern zu rechnen sind, möglicherweise von nicht bestimmten Stoffen verloren gegangen sind.

97. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVII, bezeichnet b. Entnommen am 23. Juni nachmittags 4 Uhr einer Rabatte auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing. Das Gras war schon einmal geschnitten; fertile Sprosse waren nicht entwickelt.

Die Heuwerbung geschah auf dem luftigen Dachboden der Scheune auf dem Versuchsfeld. Das Wetter war trüb, teilweise regnerisch und kühl, deshalb ging die Trocknung langsam vorwärts und war, als nach 9 Tagen der Versuch abgebrochen wurde, noch nicht beendet.

	23.	24.	25.	26.	27. Juni
Tagestemperatur . . .	12.5	14.3	14.0	14.1	13.5 ° C.

	28.	29.	30. Juni	1.	2. Juli
Tagestemperatur . . .	15.7	14.1	11.2	10.3	10.2 ° C.

Zum Vergleich wurde Gras XVII g herangezogen, das mit Gras XVII b und f zur gleichen Zeit und am gleichen Platz geschnitten und rasch im Vakuum getrocknet war.

A. Die untersuchte Substanz enthielt:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	18.8	5.2	21.4	10.7	43.9
Gras XVII b	Schatten	9 d	13	20.52	21.9	5.1	23.4	11.9	36.8
		Differenz:		— 2.87	+ 3.1	— 0.1	+ 2.0	+ 1.2	— 7.1

Die Zusammenstellung der Analysenresultate beider Heusorten von gleicher Herkunft, aber sehr ungleicher Trocknungsart, gab kein klares Bild von den Vorgängen bei der Heuwerbung. Rohprotein, Rohfaser und Rohasche nahmen zu, Rohfett und N-freie Extraktstoffe nahmen ab.

B. Berechnet man jedoch die Zahlen auf die gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	18.8	5.2	21.4	10.7	43.9
Gras XVII b	Schatten	9 d	13	23.39	19.5	4.5	20.6	10.4	32.3
		Differenz:		0	+ 0.7	— 0.7	— 0.8	— 0.3	— 11.6

Die nunmehr erhaltenen Zahlen geben folgendes Resultat:

Gleich blieben: Rohprotein an der Fehlergrenze (=),
Rohfaser „ „ „ (=),
Rohasche „ „ „ (=).

Abnahme zeigten: Rohfett 0.7, d. i. 14 % (—),
N-fr. Extraktstoffe 11.6, d. i. 26 % (—)

Um den Gesamtverlust aus der Futtermittelanalyse zu erhalten, hat man die Summe sämtlicher reduzierter Zahlen (Tabelle B, Kolumne 6 mit 10) von 100 abzuziehen, also:

$$100 - (19.5 + 4.5 + 20.6 + 10.4 + 32.3) = 100 - 87.3 = 12.7.$$

Wie sich die Verluste an N-freien Extraktstoffen verteilen, zeigt folgende Zusammenstellung.

C. In der untersuchten Substanz waren:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	26.4	7.8	1.1	1.8	5.5	16.2
Gras XVII b	Schatten	9 d	13	20.52	25.5	6.4	1.3	1.5	2.6	11.8
		Differenz:		— 2.87	— 0.9	— 1.4	+ 0.2	— 0.3	— 2.9	— 4.4

Es zeigt sich durchweg eine Abnahme am wenigsten bei Saccharose, am meisten bei Stärke und Dextrose. Nur Dextrin zeigt eine kleine Zunahme.

D. Berechnet man jedoch die Zahlen auf gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	26.4	7.8	1.1	1.8	5.5	16.2
Gras XVII b	Schatten	9 d	13	23.39	22.4	5.6	1.1	1.3	2.3	10.3
			Differenz:	0	— 4.0	— 2.2	0	— 0.5	— 3.2	— 5.9
			Verlust von 100 Teilen:	—	15 %	28 %	—	28 %	58 %	36 %

Ausser beim Dextrin zeigt sich durchwegs eine Abnahme:
bei den wasserlösl. organischen Stoffen um 4.0, d. i. 15 % (—),
bei Stärke . . „ 2.2, d. i. 28 „ (—),
„ Saccharose „ 0.5, d. i. 28 „ (—),
„ Dextrose . „ 3.2, d. i. 58 „ (—).
Die Gesamtabnahme d. Kohlehydrate beträgt 5.9, d. i. 36 „ (—).

Die Ergebnisse dieses Versuches lassen sich folgendermassen zusammenstellen:

I. Gesamtverlust an Trockenmasse in zweifacher Weise ermittelt:
1. durch direkte Wägung . . . . . 12.3 %
2. aus den reduzierten Ergebnissen der Futtermittelanalyse (S. 180) . . . . . 12.7 „
Mittel: 12.5 %

II. Verlust an N-freien Extraktstoffen in zweifacher Weise ermittelt:
1. berechnet aus den reduzierten N-freien Extraktstoffen (S. 179, Tabelle B, Kolumne 10) . . 11.6 %
2. berechnet aus der Differenz von I 1 und dem Verlust an Rohfett (S. 179, Tabelle B, Kolumne 7) 12.3 — 0.7 . . . . . 11.6 „
Mittel 11.6 %

III. Die beim langsamen Welken im Schatten bei kühler Temperatur gefundenen Verluste von 12.5 % der Trockenmasse erstrecken sich auf:

Rohfett 0.7, d. i. 14 % des ursprünglich vorhandenen Rohfettes,

N-freie Extraktstoffe 11.6, d. i. 26 % der ursprünglich vorhandenen N-freien Extraktstoffe, und zwar:

Stärke . .	2.2, d. i. 28 %	der ursprünglich vorhandenen Stoffe
Saccharose	0.5, d. i. 28 „	
Dextrose .	3.2, d. i. 58 „	
Summe	5.9	

Es fehlen noch 5.7 % N-freie Extraktstoffe, die wahrscheinlich von nicht bestimmten Stoffen verloren gegangen sind.

98. Versuch: 23. Juni bis 2. Juli 1909.

Gras XVII, bezeichnet e. Entnommen, wie bei Versuch 24a S. 101 ausführlich beschrieben, am 23. Juli nachmittags 4 Uhr einer Rabatte auf dem Versuchsfeld der landwirtschaftlichen Abteilung der Techn. Hochschule zu München in Obermenzing. Das Gras XVII e trocknete bei bewölktem Himmel unter denselben Bedingungen und beinahe ebenso rasch wie Gras XVII f Versuch 10a S. 84. Nach 5 Tagen aber, als es schon trocken war, wurde es durch einen plötzlich niederfallenden Regen einige Zeit benetzt. Die nunmehr folgende Trocknung ging bei dem trüben und kühlen Wetter sehr langsam vor sich. Nach 9 Tagen, vom Schnitte an gerechnet, war das Gras zum zweitenmal heutrocken.

Tagestemperatur s. S. 102 Versuch 24a.

Gras XVII g, sofort im Vakuum getrocknet, diente wie in Versuch 96 und 97 als Vergleich.

A. Die untersuchte Substanz enthielt:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse (s. S. 102)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	18.8	5.2	21.4	10.7	43.9
Gras XVII e	Schatten	9 d	13	21.96	19.8	4.7	22.9	10.9	41.7
		Differenz:		— 1.43	+ 1.0	— 0.5	+ 1.5	+ 0.2	— 2.2

Die Zusammenstellung der Analysenresultate gibt auch hier kein klares Bild von den Vorgängen bei der Heuwerbung.

Rohprotein, Rohfaser, Rohasche nahmen wie gewöhnlich zu, Rohfett und stickstofffreie Extraktstoffe nahmen ab.

B. Berechnet man jedoch die Zahlen auf die gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	18.8	5.2	21.4	10.7	43.9
Gras XVII e	Schatten	9 d	13	23.39	18.6	4.5	21.5	10.3	39.1
		Differenz:		0	— 0.2	— 0.7	— 0.1	— 0.4	— 4.8

Die nunmehr erhaltenen Zahlen geben folgendes Resultat:

Gleich blieben: Rohprotein (=),
Rohfaser (=),
Rohasche (=).

Abnahme zeigten: Rohfett 0.7, d. i. 14 % (—),
N-fr. Extraktstoffe 4.8, d. i. 11 % (—)

Um den Gesamtverlust aus der Futtermittelanalyse zu erhalten, hat man die Summe sämtlicher reduzierter Zahlen (Tabelle B, Kolumne 6 mit 10) von 100 abzuziehen, also:

$$100 - (18.6 + 4.5 + 21.5 + 10.3 + 39.1) = 100 - 94.1 = 5.9.$$

Wie sich die Verluste an N-freien Extraktstoffen verteilen, zeigt folgende Zusammenstellung.

C. In der untersuchten Substanz waren:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse (s. S. 102)	In 100 Trockenmasse der untersuchten Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	26.4	7.8	1.1	1.8	5.5	16.2
Gras XVII e	Schatten besprengt	9 d	13	21 96	28 0	7.4	1.2	0.8	2.2	11.6
		Differenz:			— 1.43	+ 1.6	— 0.4	—	— 1.0	— 3.3	— 4.6

Abgesehen von den Dextrinen, die sich gleich blieben, zeigte sich durchweg eine Abnahme, am meisten an Saccharose und Dextrose, am wenigsten an Stärke.

D. Berechnet man jedoch die Zahlen auf gleiche ursprüngliche Substanz, so erhält man:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Bezeichnung	Trocknungsart	Trocknungsdauer	Trocknungstemperatur °	Trockenmasse	In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz: Wasserlösliche organ. Stoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
Gras XVII g	Vakuum	3 h	98	23.39	26.4	7.8	1.1	1.8	5.5	16.2
Gras XVII e	Schatten besprengt	9 d	13	23.39	26.3	7.0	1.1	0.8	2.1	11.0
	Differenz:			0	0	— 0.8	0	— 1.0	— 3.4	— 5.2
	Verlust von 100 Teilen:			—	—	10 %	—	55 %	60 %	32 %

Gleich blieben: die wasserlöslichen organischen Stoffe (=),
die Dextrine (=).

Abnahme zeigten:
die Stärke . . 0.8, d. i. 10 % } der ursprünglich vorhandenen Stoffe (—),
die Saccharose 1.0, d. i. 55 „ } (—),
die Dextrose . 3.4, d. i. 60 „ } (—).

Die Gesamtabnahme der Kohlehydrate beträgt 5.2, d. i. 32 % (—).

Die Ergebnisse dieses Versuches lassen sich folgendermassen zusammenstellen:

I. Gesamtverlust an Trockenmasse in zweifacher Weise ermittelt:
1. durch direkte Wägäng (S. 102) . . . . . 6.1 %
2. aus den reduzierten Ergebnissen der Futtermittelanalyse (S. 183) . . . . . 5.9 „
Mittel: 6.0 %

II. Verlust an N-freien Extraktstoffen in zweifacher Weise ermittelt:

1. berechnet aus den reduzierten N-freien Extraktstoffen (S. 183, Tabelle B, Kolumne 10) . . 4.8 %
2. berechnet aus der Differenz von I 1 und dem Verlust an Rohfett (S. 183, Tabelle B, Kolumne 7) 6.1 — 0.7 . . . . . 5.4 „

Mittel: 5.1 %

III. Die beim Trocknen, Besprengen und Wiedertrocknen bei niederer Temperatur gefundenen Verluste an Trockenmasse von 6.0 % erstrecken sich auf:

Rohfett 0.7, d. i. 14 % der ursprünglich vorhandenen Stoffe,

N-freie Extraktstoffe 5.1, d. i. 11 % der ursprünglich vorhandenen Stoffe, und zwar:

Stärke	0.8,	d. i. 10 %
Saccharose	1.0,	d. i. 55 „
Dextrose	3.4,	d. i. 60 „
Summe	5.2	

Also tragen hier die Kohlehydrate den ganzen Verlust der N-freien Extraktstoffe.

(Siehe die Tabellen auf S. 186 und 187.)

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich folgendes:

1. Das Rohprotein (Gesamtstickstoff × 6.25) erlitt in keinem Falle eine Veränderung. Schwankungen von 0.7 % Rohprotein entsprechen 0.11 % Gesamtstickstoff und liegen also innerhalb der Fehlergrenze (s. auch S. 155).

2. Das Eiweiss (Eiweisstickstoff × 6.25) erlitt in allen Fällen der Heubereitung Veränderungen, und zwar verfiel dem Abbau zu den weit wertloseren Amidverbindungen bei langsamem Trocknen ein viertel bis fast die Hälfte des ursprünglich vorhandenen Eiweisses (s. auch S. 155).

3. Das Rohfett erlitt in allen Fällen Verluste, aber bei heisser Witterung und zeitweiser Sonnenbestrahlung bedeutend höhere als bei kühlem Wetter und zerstreutem Licht (s. auch S. 163).

4. Die Rohfaser erlitt in keinem Falle Verluste. Schwankungen von 0.8 % müssen bei der Mangelhaftigkeit der Methode und bei der Ungleichmässigkeit von Pflanzenmengen als Versuchsfehler betrachtet werden. Demnach war O. Kellners Voraussetzung ([26]) richtig, dass die absolute Menge der Rosfaser

Versuchsnummer	Bezeichnung	Zeit der Trocknung	Art der Trocknung	Dauer der Trocknung d	Temperatur der Trocknung °	Von 100 ursprüngl. Trockenmasse gingen verloren
93	Gras I a	19.—21. Mai 1908	Sonnenschein	2	19	— 4.4
94	Gras I b	19.—23. Mai 1908	Schatten (2 Tage in schwülem, düstrem Zimmer), $1^1/_2$ Tage Sonne	$3^1/_2$	20	— 9.8
95	Gras I c	19.—24. Mai 1908	Schatten (in düstrem, schwülem Zimmer, 1 Tag hinter offenem Fenster), dann $1^1/_2$ Tage Sonne	$4^1/_2$	18	— 14.6
96	Gras XVII f	23.—28. Juni 1909	Bewölkter Himmel	$3^3/_4$	13	— 4.3
98	Gras XVII e	23. Juni bis 2. Juli 1909	Bewölkter Himmel, nach 5 Tagen trocken, dann beregnet; nach 4 Tagen wieder trocken	9	13	— 6.1
97	Gras XVII b	23. Juni bis 2. Juli 1909	Schatten, Heudürre wurde nicht erreicht	9	13	— 12.3

Versuchsnummer	Bezeichnung	Zeit der Trocknung	Art der Trocknung	Dauer der Trocknung d	Temperatur der Trocknung °
93	Gras I a	19.—21. Mai 1908	Sonnenschein	2	19
94	Gras I b	19.—23. Mai 1908	Schatten (2 Tage in düstrem, schwülem Zimmer), dann $1^1/_2$ Tage Sonne	$3^1/_2$	20
95	Gras I c	19.—24. Mai 1908	Schatten (2 Tage in düstrem, schwülem Zimmer, 1 Tag hinter offenem Fenster), dann $1^1/_2$ Tage Sonne	$4^1/_2$	18
96	Gras XVII f	23.—28. Juni 1909	Bewölkter Himmel	$3^2/_3$	13
98	Gras XVII e	23. Juni bis 2. Juli 1909	Bewölkter Himmel, nach 5 Tagen trocken, dann beregnet, nach 4 Tagen wieder trocken	9	13
97	Gras XVII b	23. Juni bis 2. Juli 1909	Schatten, Heudürre wurde nicht erreicht	9	13

In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz waren verändert um, und das sind Prozente der ursprünglich vorhandenen Nährstoffgruppe:

Roh-protein	Eiweiss	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe	Organische wasserlösliche Stoffe
%	%	%	%	%	%	%
— 0.4 = 2	— 1.9 = 11	— 1.2 = 27	0 = 0	+ 0.2 = 3	— 2.9 = 7	0 = 0
— 0.3 = 2	— 7.0 = 40	— 1.4 = 32	— 0.4 = 2	+ 0.1 = 1	— 7.9 = 19	— 1.02 = 6
— 0.7 = 4	— 7.9 = 44	— 1.8 = 41	0 = 0	0 = 0	— 12.1 = 29	— 0.24 = 1
— 0.4 = 2	— 2.4 = 14	— 0.4 = 8	+ 0.7 = 3	— 0.2 = 2	— 3.9 = 9	— 1.0 = 4
— 0.2 = 1	— 3.3 = 19	— 0.7 = 14	— 0.1 = 1	— 0.4 = 4	— 4.8 = 11	— 0.1 = 0
+ 0.7 = 4	— 4.1 = 24	— 0.7 = 14	— 0.8 = 4	— 0.3 = 3	— 11.6 = 26	— 4.0 = 15

In 100 Trockenmasse der ursprünglichen Substanz waren verändert um, und das sind Prozente des betreffenden Stoffes:

N-freie Extraktstoffe	Stärke	Dextrin	Saccharose	Dextrose	Summe der bestimmten Kohlehydrate
%	%	%	%	%	%
— 2.9 = 7	+ 0.1 = 2	— 0.2 = 17	— 1.1 = 43	— 2.15 = 39	— 3.36 = 21
— 7.9 = 19	—	— 0.2 = 17	— 2.23 = 87	— 3.46 = 63	—
— 12.1 = 29	— 1.62 = 25	— 0.23 = 19	— 2.02 = 79	— 4.81 = 88	— 8.69 = 55
— 3.9 = 9	— 0.3 = 3	— 0.5 = 45	— 0.4 = 22	— 1.5 = 27	— 2.7 = 17
— 4.8 = 11	— 0.8 = 10	0 = 0	— 1.0 = 55	— 3.4 = 60	— 5.2 = 32
— 11.6 = 26	— 2.2 = 28	0 = 0	— 0.5 = 28	— 3.2 = 58	— 5.9 = 36

bei der Umwandlung des Grases in Dürrheu sich nicht verändere. Die Benutzung der Rohfasermenge zur nachträglichen Herausrechnung der Atmungsverluste bei der Dürrheubereitung ist zulässig.

5. Die Rohasche erlitt in keinem Falle Verluste. Schwankungen bis zu 0.4 % sind als Versuchsfehler zu betrachten. Die Asche eignet sich also ebensogut wie die Rohfaser zu nachträglichen Umrechnungen (s. S. 74).

6. Die N-freien Extraktstoffe erlitten in allen Fällen der Dürrheubereitung Verluste. Sie trugen in allen Fällen die Hauptmenge des Gesamtverlustes. Die Verluste waren umso grösser, je höher die Temperatur war und je länger die Trocknung dauerte. Um zu sehen, ob diese Verluste sich auch direkt nachweisen lassen und um einige Anhaltspunkte zu bekommen, welche Gruppen der N-freien Extraktstoffe Verluste erleiden, wurden die Mengen einiger Kohlehydrate festgestellt (s. Tabelle S. 186 und 187).

7. Die Stärke erlitt bei kurzer Trocknungsdauer nur unbedeutende, bei längerer Trocknung recht beträchtliche Verluste.

8. Die dextrinartigen Stoffe erlitten in den meisten Fällen Verluste. Doch ist die Menge des in dem Gras ermittelten Dextrins so gering (etwa 1 %) und die Bestimmungsmethode so mangelhaft, dass man diesen Verlusten vorerst eine besondere Bedeutung nicht beimessen darf.

9. Dagegen erlitt die Saccharose in allen Fällen erhebliche Verluste. Die Verluste sind umso grösser, je länger die Trocknung dauert und je höher die Temperatur ist. Dass die wasserlösliche Saccharose den Mikroorganismen leicht zugänglich sein werde, war vorauszusehen und wurde auch durch Gras XVII e (Versuch 98 S. 184) bestätigt. Das heutrockene, beregnete Gras hatte nicht bloss höhere Verluste an Saccharose als Gras XVII f, das etwa gleichzeitig mit Gras XVII e heutrocken geworden war, sondern die Verluste überstiegen sogar jene von Gras XVII b, das gleich lang wie Gras XVII e ausgebreitet gelegen und während dieser Zeit noch nicht heutrocken geworden war (s. auch S. 103).

10. Das gleiche gilt für die Dextrose. Auch die Dextrose erlitt in allen Fällen der Heubereitung erhebliche Verluste. Die Verluste waren umso grösser, je länger die Trocknung

dauerte und je höher dabei die Temperatur war. Auch hier vermehrten die Mikroorganismen den Verlust.

11. Auffallend ist, dass bei den grossen Verlusten an wasserlöslichen Stoffen (Saccharose, Dextrose) die Verluste an den wasserlöslichen organischen Stoffen, wie sie durch direkte Bestimmung ermittelt wurden, gering waren. Einen Teil der im Wasser löslichen Kohlehydrate werden die bei der Trocknung entstehenden wasserlöslichen Amidverbindungen ersetzen. Doch reicht dieser Ersatz zur Deckung des Verlustes der wasserlöslichen Kohlehydrate nicht aus. Also mag man annehmen, dass die Pflanze andere — nicht untersuchte — Stoffe in Lösung bringt, oder dass ähnlich wie bei den Sukkulenten bei der Atmung des welkenden Grases Prudukte entstehen, die nicht flüchtig sind. Die Bildung von organischen Säuren bei der Atmung der Sukkulenten hängt nach Jost ([23]) mit langsamem Gasaustausch dieser Pflanzen zusammen. Sie bedeutet ein Sparen mit Kohlenstoff. In ähnlichen Verhältnissen befindet sich geschnittenes Gras. Die Wasserzufuhr ist abgeschnitten, die Spaltöffnungen verengen sich, der Gasaustausch wird erschwert. Unter diesen Verhältnissen ist die Bildung von Produkten einer unvollständigen Oxydation der Kohlehydrate nicht unwahrscheinlich.

12. Am Schlusse eines jeden der Versuche 93—98 findet sich eine Zusammenstellung der Werte des Gesamtverlustes und des Verlustes an N-freien Extraktstoffen, die auf verschiedenen Wegen gefunden wurden. Diese Berechnungen sollen die Probe liefern, ob die in vorliegender Arbeit dargelegten Anschauungen und Methoden richtig sind.

Der Gesamtverlust, der bei der Umwandlung des Grases in Heu eintritt, lässt sich auf zweierlei Weise ermitteln. Am einfachsten geschieht das direkt, indem man von gleichen Mengen des frischen Grases ausgeht. Die eine Portion wird sofort, möglichst rasch, getrocknet (3 Stunden Vakuum bei 98 °). Die andere Portion wird unter gewünschten Bedingungen zur Heutrockene gebracht und dann erst im Vakuum bei 98 ° in 3 Stunden wasserfrei gemacht. Die Differenz bei der Trockenmasse gibt den Verlust. (Direkte Bestimmung.) Zur Probe kann man dann die beiden wasserfreien Portionen analysieren und die einzelnen Futterbestandteile miteinander vergleichen. Hierbei muss man natürlich alle Resultate auf die gleiche Menge ur-

sprünglicher Substanz beziehen. Aus der Summe der hierbei auftretenden Differenzen der einzelnen Futterbestandteile ergibt sich wiederum der Gesamtverlust. (Indirektes Verfahren.) Die Ergebnisse der direkten und der indirekten Bestimmung werden natürlich nur dann übereinstimmen, wenn in den Methoden keine zu grossen Fehler sind.

(Über die Beziehung von Resultaten auf die gleiche Menge ursprünglicher Substanz s. S. 49 und S. 64—65, über die Herkunft der nachfolgenden Zahlen s. Versuch 93—98, S. 164—185.)

Die auf die beiden Arten ermittelte Grösse des Gesamtverlustes ist folgende:

(Siehe die Tabelle auf S. 191.)

Die Übereinstimmung ist in den meisten Fällen sehr gut, selbst im Versuch 97 völlig zufriedenstellend.

Also kann an der Richtigkeit der Grösse der eingetretenen Verluste und an der Richtigkeit der angewendeten Methoden kein Zweifel bestehen.

Da nun festgestellt ist, dass die Verluste bei der Dürrheubereitung sich nur auf Rohfett und N-freie Extraktstoffe erstrecken, und da andererseits die Gesamtverluste nach der direkten Bestimmung durch Wägung und nach dem indirekten Verfahren durch Berechnung aus den Resultaten der Futtermittelanalyse übereinstimmen, so muss sich die Grösse des Verlustes an N-freien Extraktstoffen ebensogut auf die einfachere Weise feststellen lassen, dass man den Verlust des leicht bestimmbaren Rohfettes von dem durch direkte Wägung ermittelten Gesamtverlust abzieht.

Die Verluste an N-freien Extraktstoffen waren nach den beiden Ermittelungsarten von folgender Grösse:

(Siehe die Tabelle auf S. 192.)

Unter Berücksichtigung der den Methoden der Futtermittelanalyse anhaftenden Fehler stimmen die Resultate paarweis hinreichend überein. Es ist also als abgekürztes Verfahren die Ermittelung der Verluste der N-freien Extraktstoffe aus der Differenz des Gesamtverlustes und des Verlustes an Rohfett zulässig.

Versuchsnummer	Bezeichnung	Zeit der Trocknung	Art der Trocknung	Dauer der Trocknung d	Temperatur der Trocknung °	Gesamtverlust bei der Heuwerbung in 100 Trockenmasse ermittelt durch: direkte Bestimmung	Gesamtverlust bei der Heuwerbung in 100 Trockenmasse ermittelt durch: indirektes Verfahren
93	Gras I a	19.—21. Mai 1908	Sonnenschein	2	19	4.4	4.3
94	Gras I b	19.—23. Mai 1908	Schatten (2 Tage in düstrem, schwülem Zimmer), dann $1^1/_2$ Tage Sonne	$3^1/_2$	20	9.8	9.9
95	Gras I c	19.—24. Mai 1908	Schatten (2 Tage in düstrem, schwülem Zimmer, 1 Tag hinter offenem Fenster), dann $1^1/_2$ Tage Sonne	$4^1/_2$	18	14.6	14.6
96	Gras XVII f	23.—28. Juni 1909	Bewölkter Himmel	$3^2/_3$	13	4.3	4.2
98	Gras XVII e	23. Juni bis 2. Juli 1909	Bewölkter Himmel, nach 5 Tagen heutrocken, dann beregnet und nach 4 Tagen wieder trocken.	9	13	6.1	5.9
97	Gras XVII b	23. Juni bis 2. Juli 1909	Schatten, Heutrockne wurde nicht erreicht	9	13	12.3	12.7

Versuchsnummer	Bezeichnung	Zeit der Trocknung	Art der Trocknung	Dauer d	Temperatur °	In 100 ursprünglicher Trockenmasse entstandener Verlust an N-freien Extraktstoffen berechnet aus: Futtermittelanalyse	Differenz des Gesamtverlustes und des Verlustes an Rohfett	Mittel
93	Gras I a	19.—21. Mai 1908	Sonnenschein	2	19	2.9	3.2	3.1
94	Gras I b	19.—23. Mai 1908	Schatten (2 Tage in düstrem, schwülem Zimmer), dann $1^1/_2$ Tag Sonne	$3^1/_2$	20	7.9	8.4	8.2
95	Gras I c	19.—24. Mai 1908	Schatten (2 Tage in düstrem, schwülem Zimmer, 1 Tag hinter offenem Fenster), dann $1^1/_2$ Tag Sonne	$4^1/_2$	18	12.1	12.8	12.5
96	Gras XVII f	23.—28. Juni 1909	Bewölkter Himmel	$3^2/_3$	13	3.9	3.9	3.9
98	Gras XVII e	23. Juni bis 2. Juli 1909	Bewölkter Himmel, nach 5 Tagen trocken, dann beregnet und nach 4 Tagen wieder trocken	9	13	4.8	5.4	5.1
97	Gras XVII b	23. Juni bis 2. Juli 1909	Schatten; Heudürre wurde nicht erreicht	9	13	11.6	11.6	11.6

Der Anteil, den die Kohlehydrate an den Verlusten der N-freien Extraktstoffe haben, wird aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

In 100 ursprünglicher Trockenmasse waren verloren gegangen:

	Gras Ia	Gras Ic	Gras XVIIf	Gras XVIIe	Gras XVIIb
Stärke	+ 0.1	— 1.62	— 0.3	— 0.8	— 2.2
Dextrin	— 0.2	— 0.23	— 0.5	0.0	0.0
Saccharose	— 1.1	— 2.02	— 0.4	— 1.0	— 0.5
Dextrose	— 2.15	— 4.81	— 1.5	— 3.4	— 3.2
Im ganzen:	— 3.35	— 8.68	— 2.7	— 5.2	— 5.9
Verlust an N-fr. Extraktstoffen (Mittel aus der Tabelle S. 192)	3.1	12.5	3.9	5.1	11.6
Verlust an untersuchten Kohlehydraten	3.4	8.7	2.7	5.2	5.9
Rest:	+ 0.3	— 3.8	— 1.2	+ 0.1	— 5.7

NB! (+) bedeutet Zunahme, (—) bedeutet Verlust.

Aus obiger Zusammenstellung geht hervor, dass nur bei kurzer Trocknungsdauer (Gras Ia) die untersuchten Kohlehydrate allein den Verlust der N-freien Extraktstoffe tragen. Bei längerer Trocknungsdauer gehen neben den untersuchten Kohlehydraten noch andere Stoffe zu Verlust, die entweder keine reduzierenden Gruppen besitzen (organische Säuren) oder mit den untersuchten Zuckerarten zwar die reduzierende Eigenschaft unter den gegebenen Bedingungen, aber nicht das Molekulargewicht gleich haben.

Zusammenfassung.

I. Methoden.

a) Wasserbestimmung. Auf den unzureichenden Grad von Genauigkeit der Trockenmassebestimmungsverfahren für Futtermittel haben schon HAGEMANN ([13]) und WEISKE ([93]) hingewiesen. Die Versuche S. 3—7 stellten fest, dass jedes Trocknungsverfahren nach einiger Zeit das ergibt, was man Gewichtskonstanz nennt. Es ist das kein Gleichbleiben des Gewichtes, sondern nur der Zustand sehr geringer Gewichtsabnahme. Diese Gewichtsabnahme dauert fort, wie WEISKE bei Versuchen über 6 Monate hin feststellte und vorliegende Versuche für kleinere

Zeiträume bestätigen. Die einzelnen Trocknungsverfahren miteinander verglichen, ergeben keineswegs die gleiche Menge Trockenmasse bei sog. Gewichtskonstanz. Dagegen lieferte jedes einzelne Verfahren annähernd übereinstimmende Resultate, gleichgültig, welche anderen Trocknungsverfahren vorher bei der untersuchten Substanz angewendet worden waren. (Siehe Tabelle 6 und Beschreibung S. 5.)

Gleiche Trockenmasse wurde erhalten durch Trocknen im Vakuum über Schwefelsäure bei Zimmertemperatur in sehr langer Zeit (10 Tage), im Vakuumtrockenkasten bei 98° und im Soxhlet-schen Backofen bei 105° in kurzer Zeit (3 Stunden).

Aus praktischen Gründen wurde die Trocknung im Vakuumtrockenkasten nach v. Soxhlet bei 98° ausgeführt.

b) Veraschung. Die Veraschung mit einem Säuregemisch aus konzentrierter Schwefel- und Salpetersäure als Vorbehandlung zur Phosphorsäurebestimmung erwies sich als durchaus geeignet (S. 9). Die Säuregemischveraschung führt rascher zum Ziel als die gebräuchliche Zerstörung der organischen Substanz über freier Flamme nach Durchfeuchten mit Sodalösung.

Es wurde noch besonders festgestellt, dass weder eintretende Verkohlung noch die Anwesenheit grösserer Mengen von Chloriden Verluste an Phosphorsäure verursachen.

Das Verfahren der Säuregemischveraschung beruht im wesentlichen auf den von Neumann ([40]) veröffentlichten Arbeiten. (Beschreibung S. 55.)

c) Phosphorsäurebestimmung. Um im Anschluss an die Säuregemischveraschung die praktische und sehr genaue Phosphorsäurebestimmung nach Lorenz ([34]) ausführen zu können, wurde folgendes Verfahren ausgeprobt: Die Säuregemischveraschung wird nach einmaliger Zugabe von 5 ccm konzentrierter Schwefelsäure mit Salpetersäure ausgeführt. Man hat dann nach Beendigung der Säuregemischveraschung eine annähernd konstante Menge konzentrierter Schwefelsäure, die nach Verdünnen mit Wasser und nach dem möglicherweise nötigen Abfiltrieren der Kieselsäure beim Neutralisieren mit Ammoniak 10.5—13 g Ammonsulfat in 50 ccm (21—26 %) gibt. Man kann nun nach Lorenz' Vorschrift die Bestimmung ausführen (Ansäuern usw. s. S. 56), muss aber wegen des hohen Gehaltes an Ammonsalzen statt des Lorenzschen Faktors 0.03295 den Faktor 0.03392 anwenden (s. S. 9—14 und S. 56).

d) Trennung und Bestimmung der in den grünen Teilen der Futterpflanzen vorkommenden Phosphorverbindungen (S. 14—48 und 56—59).

Zur Trennung der alkohollöslichen Phosphorverbindungen von den alkoholunlöslichen wurde die Substanz zuerst im Vakuum bei 98° C. drei Stunden lang getrocknet und dann staubfein zermahlen. Die staubfeine Probe wurde mit 88—92 % Alkohol ausgekocht. Nach dem Erkalten und Abfiltrieren des Alkoholextraktes wurde die Probe mit Alkohol und mit Äther nachgewaschen und der Rest des Äthers durch Abdampfen entfernt. Der strohfarbige staubförmige Rückstand wurde mit einem bestimmten Volumen Wasser unter dem Rückflusskühler zum Kochen erhitzt, nach dem Abkühlen wiederholt durchgeschüttelt, und das Wasserextrakt zur Bestimmung der in Wasser löslichen Formen der Phosphorsäure verwendet. Dann wird entweder mit Wasser ausgewaschen oder die S. 63 beschriebene Korrektur gleichartiger Niederschläge aus verschiedenen aufeinander folgenden Lösungsmitteln vorgesehen. Nun wird der Rückstand mit einem bestimmten Volumen $\frac{n}{2}$ Schwefelsäure versetzt, unter dem Rückflusskühler gekocht, nach dem Abkühlen wiederholt durchgeschüttelt und filtriert. Das schwefelsaure Filtrat dient zur Bestimmung der nur in schwach angesäuertem Wasser löslichen Formen der Phosphorsäure.

Bei den Versuchen, anorganische Phosphate neben organischen Phosphorverbindungen nachzuweisen und zu bestimmen, zeigte sich, dass Zitratmagnesiamixtur aus wässrigen Pflanzenextrakten einen rein weissen kristallinischen Niederschlag ausscheidet, der ausschliesslich von anorganischer Phosphorsäure herstammt. (Bestimmung der anorganischen Phosphorsäure in wässrigen oder schwach mineralsauren Pflanzenextrakten S. 14—30 und S. 58.)

Daneben findet sich in den wässrigen Pflanzenextrakten noch eine beträchtliche Menge Phosphorverbindungen, die durch Zitratmagnesiamixtur nicht gefällt werden. Ihre Menge lässt sich feststellen, wenn man das wässrige Pflanzenextrakt verascht und die gesamtwasserlösliche Phosphorsäure bestimmt und von ihr die anorganische Phosphorsäure abzieht. Ihrem chemischen Verhalten nach scheinen es Phosphorsäuren in organischer Bindung zu sein.

Aus einem Teil von ihnen lässt sich beim Erwärmen mit verdünnten Mineralsäuren anorganische Phosphorsäure abspalten. Mit Molybdänsäurelösung ergeben sie anfangs einen weisslichen Niederschlag, dessen Farbe durch die Wärme, in der die Molybdänphosphorsäurebestimmung ausgeführt wird, nach einiger Zeit in Gelb übergeht. Es gleichen diese wasserlöslichen organischen Phosphorverbindungen also in ihren Eigenschaften der von POSTERNAK ([45], [46]) ausführlich untersuchten Phytinsäure. Sie wurden in dieser Arbeit als phytinsäureähnliche wasserlösliche Phosphorverbindungen bezeichnet und folgendermassen bestimmt:

Das wässrige Pflanzenextrakt wird nach LORENZ gefällt und aus dem Gewicht des gelben Niederschlages das P_2O_5 berechnet. Wenn man hiervon das von anorganischer Phosphorsäure stammende P_2O_5 abzieht, bleibt als Rest P_2O_5 in phytinsäureähnlicher Form.

Neben der anorganischen und der phytinsäureähnlichen Phosphorsäure findet sich noch eine dritte Art von Phosphorverbindungen in den wässrigen Pflanzenextrakten. Sie wird weder durch Zitratmagnesiamixtur noch durch das LORENZsche Molybdänverfahren gefällt und ist widerstandsfähig gegen heisse, verdünnte Mineralsäuren. In diesen Eigenschaften gleicht sie der Glyzerinphosphorsäure. Deshalb wurde diese Gruppe von wasserlöslichen Phosphorverbindungen in vorliegender Arbeit als glyzerinphosphorsäureähnliche Phosphorverbindungen bezeichnet. Ihre Menge wurde nicht direkt bestimmt, sondern errechnet aus der Differenz der gesamtwasserlöslichen Phosphorverbindungen weniger der Summe aus den anorganischen und den phytinsäureähnlichen Phosphorverbindungen.

Im Extrakt mit verdünnter etwa $\frac{n}{2}$ Schwefelsäure wurde nur die Gesamtmenge der vorhandenen Phosphorverbindungen bestimmt und zwar derart, dass ein aliquoter Teil des Extraktes eingeengt, nach dem Säuregemischverfahren verascht und die Phosphorsäure nach LORENZ bestimmt wurde.

Was nun die Menge dieser in Wasser und angesäuertem Wasser löslichen Phosphorverbindungen anlangt, so wurde für die als Futter dienenden grünen Teile von Grasmischungen folgendes festgestellt (S. 27—30).

Die Gesamtphosphorsäure, berechnet als P_2O_5, beträgt zwischen $^2/_3$—1 %, im Durchschnitt 0.75 % der Trockenmasse des Grases.

Setzt man die Gesamtphosphorsäuremenge = 100, so beträgt die gesamtwasserlösliche Phosphorsäure ungefähr . 70 %,
„ wasserlösliche anorgan. Phosphorsäure ungefähr 50 „
„ „ phytinsäureähnliche Phosphorsäure ungefähr . . . . . 10 „
„ „ glyzerinphosphorsäureähnliche Phosphorsäure ungefähr. . . 10 „
„ säurelösliche Phosphorsäure ungefähr . . . 5 „
alles berechnet als P_2O_5 und bezogen auf Gesamt-P_2O_5 = 100.

Wie auf S. 138 gezeigt ist, macht das P_2O_5 des Lecithins in den grünen Teilen des frischen Grases ungefähr 0.088 % der Grastrockenmasse aus, also auf die 0.75 % Gesamtphosphorsäure = 100 bezogen, beträgt die Lecithinphosphorsäure ungefähr 10 %.

Es bleiben also für die in Alkohol, Wasser und angesäuertem Wasser unlöslichen Phosphorverbindungen ungefähr 15 %.

Das Gras enthält also den grössten Teil seiner Phosphorsäure in wasserlöslicher Form, darunter eine beträchtliche Menge anorganischer Phosphorsäure.

Lecithinbestimmung: (Phosphatidbestimmung).

Bei vergleichenden Bestimmungen der in Alkohol und Äther löslichen Phosphorverbindungen in frischem Gras und dem daraus gewonnenen Heu zeigte sich, dass aus den Rückständen der wasserhaltigen Alkoholextrakte mehr Phosphorverbindungen von Äther gelöst werden als aus den Rückständen wasserfreier Alkoholextrakte (S. 37—39). Diese Tatsache gibt Veranlassung, dass in dem frischen Gras mehr Lecithinphosphorsäure gefunden wird als in rasch im Laboratorium getrocknetem Gras und als in frischem günstig gewonnenen Heu.

Die aus dem Rückstand der wasserhaltigen Alkoholextrakte in Äther löslichen Phosphorverbindungen lösen sich auch in anderen Lecithinlösungsmitteln und sind der Gruppe der Lecithine zuzuzählen (S. 40). Sie dürfen bei der Lecithinbestimmung nicht vernachlässigt werden. Deshalb wurde bei der Lecithinbestimmung als erstes Lösungsmittel Alkohol von 88—92 Gew.-% angewendet (S. 47).

Von den mit absolutem oder wasserhaltigem Alkohol extrahierbaren Phosphorverbindungen ist stets nur ein Teil in wasserfreiem Äther löslich (S. 42).

Die Menge der durch Alkohol extrahierbaren Phosphorverbindungen wächst mit der Feinheit des zu extrahierenden Materials (S. 44).

Trocknen bei 98° im Vakuum ist ohne grossen Einfluss auf die Menge der durch wasserhaltigen Alkohol extrahierbaren Phosphorverbindungen (S. 44—45).

Auf Grund der angeführten Beobachtungen wurde bei vergleichenden Bestimmungen folgende Lecithinbestimmungsmethode angewendet:

Das Material wird im Vakuum bei 98° wasserfrei gemacht, staubfein zermahlen und mit wasserhaltigem Alkohol von 88 bis 92 Gew.-% ausgekocht. Der in wasserfreiem Äther lösliche Teil des Rückstandes wird verascht und seine Phosphorsäure als Lecithinphosphorsäure bezeichnet (s. S. 47).

In den Pflanzen vorhandene organische Säuren haben auf die Menge der nachweisbaren Lecithinphosphorsäure keinen Einfluss.

Alkoholische Pflanzenextrakte können, vor Licht geschützt, monatelang aufbewahrt werden, ohne dass ihr Gehalt an ätherlöslicher Phosphorsäure sich ändert.

II. Versuche.

Die Untersuchungen über die Veränderungen, welche bei der Dürrheubereitung im Grase vor sich gehen, lieferten folgende Ergebnisse.

A. Trockenmasseveränderungen.

1. Vorauszuschicken ist die Beobachtung, dass die Veränderungen der Trockenmasse beim welkenden Gras schon aufhören, bevor das Gras zu Heu geworden ist. Wenn das Gras etwa 87 % seines ursprünglichen Wassergehaltes verloren hatte und hiermit die welke Masse einen Wassergehalt von ungefähr 38 % besass, stellten sich bei weiterem Trocknen keine Veränderungen an Trockenmasse mehr ein (S. 96—98).

2. Wird das Gras noch am Tage des Schnittes durch die Sonnenwärme trocken, so findet ein Verlust an Trockenmasse

nicht statt. Im Gegenteil war bei nicht zu raschem Trocknen in ununterbrochenem starken Sonnenschein eine geringe Gewichtszunahme eingetreten, die eine Folge der Assimilation der abgeschnittenen grünen Pflanzenteile zu sein scheint (S. 75—77). Es ist nicht nötig, dass das Gras am Abend des ersten Tages schon heutrocken ist; wenn nur der unter 1 angegebene Grad des Wasserverlustes erreicht wird (etwa 87 % des ursprünglichen Wassergehaltes).

3. Zieht sich das Trocknen im Sonnenschein über Tage hin, so tritt immer eine Abnahme an Trockenmasse ein, die umso grösser ist, je länger die Trocknung dauert und je höher die Temperatur ist (S. 78—81).

4. Bei langsamem Trocknen bei bewölktem Himmel treten stets Verluste an Trockenmasse ein (in 3—10 Tagen 4—13 %). Die Verluste sind im allgemeinen umso grösser, je höher die Temperatur ist und je länger das Gras zum Trocknen braucht. Die Dauer des Trocknens und damit der Trockensubstanzverlust ist umso grösser, je höher das Gras geschichtet ist (S. 81—88).

5. Das Gleiche gilt beim Trocknen des Grases im Schatten. Entsprechend den Erfahrungen der Praxis, dass Verzögerung der Heuwerbung bei kühlem Wetter weit weniger nachteilig auf die Güte des Heues wirkt, als Verzögerung der Heuwerbung bei schwülem Wetter, zeigt sich bei langsamem Trocknen im Schatten bei höherer Temperatur (Schwüle) ein höherer Verlust an Trockenmasse (5—19 %) als bei langsamem Trocknen bei geringerer Wärme (3—12 %). (S. 88—95.) Die Verluste sind auch hier umso grösser, je länger das Gras zum Trocknen braucht. Die Dauer des Trocknens und somit der Trockenverlust ist umso grösser, je höher das Gras geschichtet ist.

6. Aus all diesen Beobachtungen ergibt sich übereinstimmend, dass bei langsamem Trocknen des Grases Verluste an Trockenmasse eintreten und dass diese Verluste umso grösser sind:

a) je länger die Trocknung dauert,

b) je höher die bei der Trocknung herrschende Temperatur ist (S. 93).

7. Um die Wirkung kurzer Regenschauer oder starker Taubildung auf die Trockenmasseveränderungen bei der Dürrheubereitung festzustellen, wurde in Parallelversuchen eine Probe besprengt, die andere Probe unbesprengt zur Trocknung ausgelegt. Bei den besprengten Proben war durchaus der Ver-

lust an Trockenmasse grösser als bei den unbesprengten. Dies kommt von der Verzögerung der Trocknung durch die Besprengung. Mit der Trocknungsdauer nahm auch hier der Trockenmasseverlust zu (S. 98—103).

8. Versuche mit Grasproben, die nach verschiedener Vorbehandlung mit Kleinlebewesen infiziert wurden, gaben folgenden Aufschluss über den Einfluss der Tätigkeit der Mikroorganismen auf die Trockenmasseverluste.

Beim langsamen Trocknen (Welken) des Grases treten durch die Tätigkeit der Mikroorganismen Verluste an Trockenmasse auf. Alle Verhältnisse, welche die Entwicklung der Bakterien begünstigen (Feuchtigkeit, Infizieren), vergrössern auch den Verlust an Trockenmasse. Doch kommen die Verluste durch Kleinlebewesen gegenüber den Verlusten durch die Lebenstätigkeit der Zellen erst in zweiter Linie in Betracht. In den untersuchten Fällen betrugen die Verluste durch Mikroorganismen 2—4 % gegenüber 9 % Trockenmasseverluste durch die Lebenstätigkeit der Zellen. Die bei der Dürrheubereitung auftretenden Verluste sind daher in der Hauptsache auf die Fortdauer der Lebenstätigkeit der Zellen zurückzuführen. Getötetes Gras erweist sich als ein ausgezeichneter Nährboden für Mikroorganismen, deren Tätigkeit in einem Fall einen Verlust von 21 % der Trockenmasse in 8 Tagen zur Folge hatte.

In dem noch nicht abgetöteten Gras leisten eben die Zellen, solange sie leben, dem Einbruch der Mikroorganismen energischen Widerstand, während diese, wenn das Leben erloschen ist, freies Feld haben. Erfolgte die Abtötung des Grases durch Wasserentziehung, verbunden mit Erhitzen (98 ° C. Vakuum), so können nachher die Kleinlebewesen auch bei günstigsten Bedingungen (Infizieren, Feuchtigkeit) erst sehr spät zur Wirkung kommen. Offenbar ist durch die Einwirkung von Hitze und Wasserentziehung das Protoplasma in einen Zustand übergegangen, in welchem es durch Mikroorganismen nur schwer aufgenommen werden kann (S. 103—110).

9. Die Versuche über die Einwirkung von Regen auf Gras in verschiedenem Welkungsgrade und auf Heu zeigten, dass an den beim Beregnen eintretenden Verlusten sich drei Faktoren in sehr verschiedenem Maſse beteiligen.

Wird frisches oder welkendes Gras beregnet, so entsteht der Hauptverlust an Trockenmasse durch die Fortdauer der

Lebenstätigkeit der Pflanzenzellen. Bei welkendem Gras und noch mehr bei Heu tragen auch Mikroorganismen zum Verlust an Trockenmasse bei, doch stehen diese Verluste bei welkendem Gras weit hinter den durch die Lebenstätigkeit der Zellen verursachten Verlusten zurück. Am kleinsten sind in allen Fällen die Verluste durch Auswaschen. Der Grund der Verschlechterung des Heues infolge Beregnens des trocknenden Grases liegt also nicht darin, dass das Wasser Nährstoffe in namhafter Menge auswäscht, sondern darin, dass, bis ein gewisser Grad der Trocknung oder Erschöpfung erreicht ist, das Gras seine eigenen Stoffe verbraucht und dass dann noch dazu, wenn nach dem Erlöschen der Lebenstätigkeit Mikroorganismen freies Feld haben, diese weitere Zersetzungen und Verluste herbeiführen und das Gras noch mehr verschlechtern (S. 110—120).

B. Veränderungen und Verluste einzelner Nährstoffe.

1. Phosphorverbindungen. Lecithin wird bei der Dürrheubereitung nur dann zerstört, wenn die welkenden Pflanzen etiolieren, oder wenn die absterbenden Pflanzen Verhältnissen ausgesetzt werden, die die Einwirkung von Bakterien erleichtern. Dementsprechend findet sich auch in gelagertem Heu stets die kleinste Menge Lecithin, während der Lecithingehalt von frischem Gras und dem daraus günstig geworbenen frischen Dürrheu gleich ist. Gelagertes Heu enthält nur etwa ein Viertel des im frischen Gras vorhandenen Lecithins (S. 123 bis 138). Von den übrigen Phosphorverbindungen erleiden die Phosphorproteide bei der Heuwerbung immer einen Zerfall. Dieser Zerfall kann bis zu 87 % der ursprünglich vorhandenen Phosphorproteide betragen. Wenn nur ein kleinerer Teil der Phosphorproteide zerfällt (bis 30 %), so findet man die Phosphorsäure im wässrigen Extrakt und zwar wie es scheint in anorganischer Form wieder. Treten tiefgreifende Veränderungen ein, die sich durch grosse Trockenmasseverluste und weitgehende Zersetzung der Phosphorproteide kennzeichnen, so findet man einen Teil der frei gewordenen P_2O_5 im wässrigen, einen anderen Teil im schwefelsauren Pflanzenextrakt.

Je mehr Trockenmasse verloren geht, d. h. je länger die Trocknung dauert und je höher die Temperatur bei der Trocknung ist, desto grösser ist auch der Zerfall der Phosphorproteide.

Entsprechend dem Zerfall an Phosphorproteiden steigt der Gehalt des wässrigen Pflanzenextraktes an gesamt-wasserlöslicher Phosphorsäure bei der Heuwerbung.

Von den im Wasserextrakt vorhandenen Gruppen der Phosphorsäure zeigen die organischen Phosphorverbindungen in allen Fällen der Heuwerbung eine Abnahme. Die Abnahme betrug 7—29 % der ursprünglich vorhandenen Menge an wasserlöslichen organischen Phosphorverbindungen.

Diese Abnahme erhöhte die Menge der wasserlöslichen anorganischen Phosphate, wie überhaupt die anorganischen wasserlöslichen Phosphate in allen Fällen der Heuwerbung eine beträchtliche Zunahme (bis um 40 %) zeigten.

Die nur in verdünnter Schwefelsäure — nicht in Wasser allein — löslichen Phosphorsäureverbindungen bleiben für gewöhnlich unverändert. Nur bei sehr ungünstigen Heuwerbungsverhältnissen, also bei grossen Trockenmasseverlusten, tritt eine deutliche Zunahme der nur in Säure löslichen Phosphorverbindungen ein.

Bei Lecithinzersetzung findet eine Zunahme der gesamtwasserlöslichen Phosphorverbindungen statt.

Die Phosphorverbindungen nehmen also an den Vorgängen bei der Heuwerbung lebhaften Anteil und der teilweise Zerfall der organischen Phosphorverbindungen ist als eine regelmässige Begleiterscheinung der Heuwerbung anzusehen (S. 139—144).

2. Stickstoffverbindungen. Das Rohprotein (Gesamtstickstoff × 6.25) erlitt in keinem Falle der Heuwerbung eine Veränderung. Ein Stickstoffverlust trat also nie ein (S. 144—155). Dagegen verfiel vom Eiweiss in allen Fällen der Heuwerbung ein Teil dem Abbau in Amidverbindungen.

Bei langsamem Trocknen zersetzte sich $^1/_{10}$ bis fast $^1/_2$ des ursprünglich vorhandenen Eiweisses.

Die Zersetzung des Eiweisses ist umso grösser,

1. je länger die Trocknung dauert,
2. je höher die Temperatur dabei ist.

Dieser Abbau von Eiweiss zu Amiden ist eine Folge der Lebenstätigkeit der Zellen und wird nicht durch Mikroorganismen verursacht (S. 155).

3. Das Rohfett erlitt in allen Fällen der Dürrheubereitung Verluste. Diese Verluste waren umso grösser, je stärker die Belichtung war und je länger die Trocknung währte (S. 155—163).

4. Die Rohfaser erlitt in keinem Falle Verluste.

5. Die Rohasche erlitt in keinem Falle der Dürrheubereitung Verluste.

6. Die stickstoffreien Extraktstoffe erlitten in allen Fällen der Dürrheubereitung Verluste. Sie trugen die Hauptmenge des Verlustes an Gesamttrockenmasse. Die Verluste waren umso grösser, je höher die Temperatur war und je länger die Trocknung dauerte. Von den stickstoffreien Extraktstoffen erlitt:

die Stärke bei längerer Trocknungsdauer Verluste;

die dextrinartigen Stoffe erlitten in den meisten Fällen Verluste:

die saccharoseartigen Stoffe erlitten in allen Fällen erhebliche Verluste. Diese Verluste konnten sowohl von der Lebenstätigkeit der Zelle als auch von der Tätigkeit der Mikroorganismen herrühren (S. 103 und 188);

das gleiche gilt von den

dextroseartigen Stoffen. Auch sie erlitten in jedem Fall der Dürrheubereitung erhebliche Verluste.

Die Verluste der gesamtwasserlöslichen Stoffe waren gering. Es müssen also für die verschwundenen Kohlehydrate andere wasserlösliche Stoffe (Säuren?) entstanden sein.

Nur bei kurzer Trocknungsdauer trugen die genannten Kohlehydrate allein den Verlust. Bei längerer Trocknungsdauer gehen neben den untersuchten Kohlehydraten noch andere zu den stickstoffreien Extraktstoffen gehörige Stoffe zu Verlust.

Aus all diesen Beobachtungen geht hervor, dass bei der Umwandlung des Grases in Heu nach dem Dürrheuverfahren selbst bei günstigen Vorbedingungen tiefgreifende Veränderungen im Grase auftreten. Es ist deshalb durchaus unrichtig, das Dürrheu als ein Grünfutter mit geringerem Wassergehalt aufzufassen.

Zum Schluss möchte ich nicht versäumen, auch an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Wirkl. Geh. Rat Prof. Dr. F. v. Soxhlet, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen für die Beschaffung aller nötigen Hilfsmittel, für sein mir Jahre hindurch gewährtes Vertrauen und für seine wertvollen Anregungen und Ratschläge.

Auch Herrn Prof. Dr. Henkel möchte ich vielmals danken für seine tatkräftige Förderung bei der Zusammenstellung meiner Arbeit.

Alphabetisches Autorenregister und Literaturnachweis.

Seite

1. Boehmer: Heubereitungsarten. Preisschriften der Deutschen Landwirtschaftlichen Presse, Verlag von Paul Parey in Berlin 1890, S. 3 68
2. Boehmer: Ebenda, S. 5 68
3. Bruschlinsky, S.: Bestimmung der Phosphorsäure nach dem Gewicht des Molybdänniederschlages; zitiert nach dem Referat in Jahresbericht über die Fortschritte der Agrikulturchemie 1903, III. Folge, Bd. 6, S. 584 10
4. Detmer, W.: Untersuchungen über intramolekulare Atmung der Pflanzen. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1892, Jahrg. 10, S. 203 . . . . . 69, 70
5. Emmerling, A.: Untersuchung des Nährgehalts von beregnetem Heu; zitiert nach dem Referat in Milchzeitung 1880, Jahrg. 9, S. 40 und 41 . . . . . 110, 111
6. Emmerling, A.: Über die Verluste während der Heuernte durch Regen. Landwirtschaftliches Wochenblatt für Schleswig-Holstein 1888, Bd. 38, S. 425 . . . . . 72, 110, 111
7. Eugling, W.: Über die Beeinträchtigung des Nährwertes von Heu durch Beregnen. Jahresbericht der landw. chem. Versuchsstation f. d. Land Vorarlberg in Tisis 1882, S. 21—23, 1883, Bregenz Teutsch 110
8. Falke, F.: Die Braunheubereitung. Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Heft 111, 1905. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft Berlin SW. 11, Dessauerstrasse 14, S. 59 . . . 68, 69
9. Falke, F.: Ebenda, S. 62 und 63 110
10. Fallada, O.: Zur Phosphorsäurebestimmung nach der Methode von N. v. Lorenz. Zitiert nach dem Referat im Jahresbericht der Agrikulturchemie 1908, III. Folge, Bd. 11, S. 599 10
11. Frankfurt, S.: Über die Zusammensetzung der Samen und der etiolierten Keimpflanzen von Cannabis sativa und Helianthus annuus. Landw. Versuchs-Stationen 1894, Bd. 43, S. 177 124
12. Friedrich, R.: Über die Stoffwechselvorgänge infolge der Verletzung von Pflanzen. Zentralblatt für Bakteriologie, Fischer, Jena 1908, Bd. 21, II. Abteilung, S. 343 und 344 70
13. Hagemann, O.: Beiträge zur rationellen Ernährung der Kühe. Landw. Jahrbücher 1895, Bd. 24, S. 293 193
14. Hart, E. B. and Andrews, W. H.: The status of phosphorus in certain food materials and animal by-products, with special reference to inorganic forms. New York, Agric. Exp. Stat. Geneva N Y 1903, Bull. No. 238, S. 188 15
15. Hart, E. B. and Andrews, W. H.: Ebenda, S. 190. . . . . 15, 16

Seite

16. Hart, E. B. and Andrews, W. H.: Ebenda, S. 191 18
17. Heine, H.: Die Heubereitung. Landmanns Winterabende Bd. 46, Ulmer, Stuttgart, 1892, S. 21 . . . . . 68, 69
18. Holdefleiss: Das Wesentliche der Heubereitung. Zeitschrift der Landw. Kammer für die Provinz Schlesien 1897, Jahrg. 1, S. 774 110
19. Holdefleiss: Ebenda, S. 776 73
20. Holdefleiss: Weitere Untersuchungen über den Einfluss der Gärung auf den Wert des Heues. Mitteilungen der landw. Institute der Universität Breslau 1901, Bd. 1, Heft 1, S. 60 und 67 73
21. Holdefleiss: Ebenda, S. 74 74
22. Jahrbuch: Deutsches Meteorologisches — München, Buchholz, 1906—1909 66
23. Jost, L.: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena, Fischer, 1904, S. 239 und 240 189
24. Juckenack, A.: Beiträge zur Kenntnis der Zusammensetzung des Hühnereis. Zeitschrift für Nahrungs- und Genussmittel 1899, Jahrg. 2, S. 908 8
25. Kellner, O.: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, Verlag von Paul Parey in Berlin 1909, V. Aufl., S. 20 und 21 . 30
26. Kellner, O.: Ebenda, S. 223 . . . . . 3, 72, 185
27. Kellner, O.: Ebenda, S. 274 110
28. Koch, W.: Die Lecithane und ihre Bedeutung für die lebende Zelle. Zeitschrift für physiologische Chemie 1902/3, Bd. 37, S. 181—188 123
29. König, J.: Die Untersuchung der landwirtschaftlich und gewerblich wichtigen Stoffe, Verlag von Paul Parey in Berlin 1906, III. Aufl., S. 254—255 3
30. König, J.: Ebenda, S. 226 163
31. Kühn, G., Fleischer, M. und Striedter, A.: Versuche über die Ausnützung des blühenden Rotklees als Grünfutter und als Heu. Landw. Versuchs-Stationen 1869, Bd. 11, S. 191 68
32. Kühn, G., Haase, A. und Baesecke, H.: Versuche über die Ausnützung der Luzerne in frischem Zustand und als Heu. Landw. Versuchs-Stationen 1873, Bd. 16, S. 98 . . . . . 68, 69
33. Lemke, C.: Die Lecksucht des Rindes und das Wollfressen der Schafe mit besonderer Berücksichtigung der Pathogenese und Therapie. Deutsche Zeitschrift für Tiermedizin 1882, Bd. 8, S. 116 1
34. Lorenz, N. v.: Phosphorsäurebestimmung in Dünger, Boden und Asche durch direkte Wägung des Ammoniumphosphormolybdats. Landw. Versuchs-Stationen 1901, Bd. 55, S. 183 . . . . . 9, 194
35. Lorenz, N. v.: Ebenda, S. 205 10
36. Lorenz, N. v.: Ein Wort zugunsten meiner Methode der Phosphorsäurebestimmung. Chem. Zeitung 1908, Jahrg. 32, S. 707 . . . 10
37. Maxwell: Zitiert nach Schulze. Chem. Zeitung 1897, Bd. 21, I, S. 376 124
38. Mayer, A.: Über den Verlauf der Atmung beim keimenden Weizen. Landw. Versuchs-Stationen 1875, Bd. 18, S. 251—269 69
39. Müller-Thurgau, H.: Über das Verhalten von Stärke und Zucker in reifenden und trocknenden Tabaksblättern. Landw. Jahrbücher 1885, Bd. 14, S. 502 72

Seite

40. Neumann, A.: Einfache Veraschungsmethode (Säuregemischveraschung). Zeitschrift für physiologische Chemie 1902, Bd. 37, S. 115 bis 119; ebenda, 1904/5, Bd. 43, S. 32—36 . . . . . 7, 194
41. Ostertag, R. und Zuntz, N.: Studien über die Lecksucht der Rinder. Zeitschrift für Infektionskrankheiten 1906, Bd. 2, S. 421 . 1
42. Ostertag, R. und Zuntz, N.: Ebenda, S. 422 2
43. Pfeffer, W.: Das Wesen und die Bedeutung der Atmung in der Pflanze. Landw. Jahrbücher 1878, Bd. 7, S. 807. . . . . 69, 70
44. Porges, O. und Neubauer, E.: Physikalisch-chemische Untersuchungen über Lecithin und Cholesterin. Biochemische Zeitschrift 1908, Bd. 7, S. 152—177. 123
45. Posternak, S.: Sur la constitution de l'acide phosphor-organique de réserve des plantes vertes. Compt. rend. de l'Acad. d. scienc. 1903, Bd. 137, S. 439. . . . . 15, 26, 196
46. Posternak, S.: Ebenda, S. 338 . . . . . 22, 24, 26
47. Pott, E.: Handbuch der tierischen Ernährung und der landw. Futtermittel. Verlag von Paul Parey in Berlin, II. Auflage, I. Bd., 1904, S. 178 72
48. Richawi, L.: Einige Versuche über die Atmung der Pflanzen. Landw. Versuchs-Stationen 1876, Bd. 19, S. 330 . . . . . 69, 70
49. Russell, E. J.: Die chemischen Veränderungen des Grünmais während der Einsäuerung; zitiert nach Biedermanns Zentralblatt für Agrikultur-Chemie 1909, Bd. 38, S. 622 155
50. Schulze, E.: Kleeheu beregnet, unberegnet und auf Heuböcken bereitet; zitiert nach Referat in Biedermanns Zentralblatt der Agrikultur-Chemie 1876, Bd. 10, S. 136 und 137 110
51. Schulze, E.: Über basische Stickstoffverbindungen aus den Samen von Vicia sativa und Pisum sativum. Zeitschrift für physiologische Chemie 1891, Bd. 15, S. 155, 156 46
52. Schulze, E.: Über die Bestimmung des Lecithingehaltes der Pflanzensamen. Zeitschrift für physiologische Chemie 1895, Bd. 20, S. 226 . . . . . 31, 123
53. Schulze, E.: Ebenda, S. 229 . . . . . 36, 123
54. Schulze, E.: Über das pflanzliche Lecithin. Chemiker-Zeitung 1897, Bd. 21 I, S. 376 . . . . . 123, 124
55. Schulze, E.: Über den Lecithingehalt einiger Pflanzensamen und einiger Ölkuchen. Landw. Versuchs-Stationen 1898, Bd. 49, S. 203 bis 214. . . . . 31, 123
56. Schulze, E.: Ebenda, S. 204 . . . . . 42, 123
57. Schulze, E.: Über die Bestimmung des Lecithins in den Pflanzensamen. Chemiker-Zeitung 1904, Bd. 28, S. 751—752 . . . . 31, 123
58. Schulze, E. und Castoro, N.: Findet man in Pflanzensamen und in Keimpflanzen anorganische Phosphate. Zeitschrift für physiologische Chemie 1904, Bd. 41, S. 477 . . . . . 15, 16, 23, 29, 30, 123
59. Schulze, E. und Frankfurt, S.: Über den Lecithingehalt einiger vegetabilischer Substanzen. Landw. Versuchs-Stationen 1894, Bd. 43, S. 315 . . . . . 123, 124
60. Schulze, E. und Frankfurt, S.: Ebenda, S. 312—313 . . . . 31, 123

Seite

61. Schulze, E. und Likiernik, A: Über das Lecithin der Samenpflanzen. Zeitschrift für physiologische Chemie 1891, Bd. 15, S. 407 . . . . . 46, 123
62. Schulze, E. und Likiernik, A.: Ebenda, S. 409 . . . . . 41, 123
63. Schulze, E. und Likiernik, A.: Ebenda, S. 408 . . . . . 41, 123
64. Schulze, E. und Likiernik, A.: Ebenda, S. 405—414 . . . . 31, 123
65. Schulze, E. und Steiger, E.: Untersuchungen über die stickstofffreien Reservestoffe der Samen von Lupinus luteus und über die Umwandlung derselben während der Keimung. Landw. Versuchs-Stationen 1889, Bd. 36, S. 415 . . . . . 123, 124
66. Schulze, E. und Steiger, E.: Über Lecithingehalt der Pflanzensamen. Zeitschrift für physiologische Chemie 1889, Bd. 13, S. 381 123, 124
67. Schulze, E. und Steiger, E.: Ebenda, S. 378 . . . . . 42, 123
68. Schulze, E. und Steiger, E.: Ebenda, S. 365—384 . . . . 31, 123
69. Schulze, E. und Winterstein, E.: Beiträge zur Kenntnis der aus Pflanzen darstellbaren Lecithine. Zeitschrift für physiologische Chemie 1903/4, Bd. 40, S. 116 . . . . . 41, 123
70. Schulze, E. und Winterstein, E.: Ebenda, S. 112—116 41
71. Soxhlet, F. v.: Vakuumverdampfapparat für Laboratoriumszwecke. Chemiker-Zeitung 1894, Bd. 18, S. 721 . . . . . 31, 58
72. Soxhlet, F. v.: Bericht über die Tätigkeit der Landw. Zentral-Versuchsstation für Bayern 1906, S. 10 3
Soxhlet, F. v.: Ebenda 1907, S. 11 3
Soxhlet, F. v.: Ebenda 1908, S. 13 3
Soxhlet, F. v.: Ebenda 1909, S. 8 3
73. Soxhlet, F. v.: Versuche zur Bekämpfung der Lecksucht der Kälber im Donaumoose. Vierteljahrsschrift des Bayerischen Landwirtschaftsrats 1907, Jahrg. 12, Beilage II, S. 283 1
74. Soxhlet, F. v.: Ebenda, Beilage III, S. 595 72
75. Stich, D.: Die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora 1891, Jahrg. 74, S. 16 u. 50 70
76. Stoklasa, J.: Über die physiologische Bedeutung des Lecithins in der Pflanze. Bericht d. D. Chem.-Ges. 1896, Bd. 39, S. 2771 . . 125
77. Stoklasa, J.: Über die Verbreitung und physiologische Bedeutung des Lecithins in der Pflanze. Sitzungsberichte d. K. Ak. d. Wiss. in Wien. Math. Naturwiss. Klasse 1896, Bd. 104, Abt. I. Seitenzahl nach dem Separatabdruck 1—29 . . . . . 123, 124
78. Stoklasa, J.: Ebenda, S. 16 und 17 124
79. Stoklasa, J.: Ebenda, S. 3, 5, 15, 17 . . . . . 123, 124
80. Stoklasa, J.: Ebenda, S. 12 125
81. Stoklasa, J.: Ebenda, S. 18 125
82. Stoklasa, J.: Ebenda, S. 18, 19 125
83. Stoklasa, J.: Über die Entstehung und Umwandlung des Lecithins in der Pflanze. Zeitschrift für physiologische Chemie 1898, Bd. 25, S. 398—405 . . . . . 125, 136
84. Stutzer, A.: Untersuchung über den Gehalt vegetabilischer Stoffe an Stickstoff, Phosphor und Schwefel in organischer Bindung. Biochemische Zeitschrift 1908, Bd. 7, S. 476, 483 29

Seite

85. Stutzer, A.: Ebenda, S. 475 29
86. Suzuki, U. und Yoshimura, K.: Über die Verbreitung von „Anhydrooxymethylendiphosphorsauren Salzen“ in Pflanzen. Bull. of the College of Agr., Tokyo Imp. Univ. 1907, Bd. 7, Nr. 4, S. 496 . . 16
87. Suzuki, U. und Yoshimura, K.: Ebenda, S. 502 16
88. Suzuki, U. und Yoshimura, K.: Ebenda, S. 498—500 30
89. Suzuki, U., Yoshimura, K. und Takaishi: Über ein Enzym „Phytase“, das Anhydrooxymethylendiphosphorsäure spaltet. Bull. of the College of Agriculture, Tokyo Imp. Univ. 1907, Bd. 7, Nr. 4 . 15, 30
90. Thudichum, J. L. W.: Die chemische Konstitution des Gehirnes der Menschen und der Tiere. Tübingen, Pietzcker, 1901, S. 102—116 41
91. Thudichum, J. L. W.: Ebenda, S. 15 und 76 40
92. Wagner, B.: Tabellen zum Eintauchrefraktometer. Sondershausen 1907. Selbstverlag, S. 55 25
93. Weiske, H.: Über die Verluste und chemischen Veränderungen, welche die vegetabilischen Futtermittel infolge längeren Aufbewahrens bei höheren Temperaturen erleiden. Landw. Versuchs-Stationen 1897, Bd. 48, S. 379—389 . . . . . 7, 193
94. Weiske, H., Wildt, E., Pott, R., Pfeiffer, O., Schrodt, M., Kellner, O.: Untersuchungen über die Zusammensetzung und Ausnutzung der nach verschiedenen Erntemethoden gewonnenen Esparsette. Journal für Landwirtschaft 1877, Bd. 25, S. 170 . . 73
95. Winterstein, E.: Über einen phosphorhaltigen Pflanzenbestandteil, welcher bei der Spaltung Inosit liefert. Bericht d. D. Chem.-Ges. 1897, Jahrg. 30, Bd. 2, S. 2299—2302 . . . . . 15, 123
96. Winterstein, E. und Hiestand, O.: Zur Kenntnis der pflanzlichen Lecithine. Zeitschrift für physiol. Chemie 1906, Bd. 47, S. 498 41, 123
97. Winterstein, E. und Hiestand O.: Ebenda, S. 497 und 498 . 41, 123
98. Winterstein, E. und Hiestand, O.: Beiträge zur Kenntnis der pflanzlichen Phosphatide. Zeitschrift für physiol. Chem. 1907/08, Bd. 54, S. 326—328 . . . . . 41, 123
99. Winterstein, E. und Stegmann, E.: Über Phosphatide. Zeitschrift für physiol. Chem. 1908/09, Bd. 58, S. 527 und 528 . . . . 41, 123

Alphabetisches Sachregister.

Amidstickstoff, Gehalt von Gras und frischem Heu an 144—155, 185.
Analysenresultate, Gegenüberstellung der — bezogen auf 100 wasserfreie untersuchte Substanz der getrockneten Pflanze und auf 100 wasserfreie ursprüngliche Substanz der frischen Pflanze 144—184.
Apparat zum Abdampfen von leicht entzündbaren Lösungsmitteln 59.
Auswaschen, Verluste des Grases und Heues durch 110—120, 122.
Belichtung, Einfluss der — bei der Heuwerbung auf den Verlust an Rohfett 163.
Berechnung des Alkoholgehaltes und des Volumens einer Mischung aus Alkohol und Wasser 62.
— des Alkoholgehaltes und des Volumens eines Extraktes, hergestellt durch Einwirkung von Alkohol auf eine wasserhaltige Substanz 63.
— der Korrektur für einen Niederschlag aus einem Lösungsmittel, wenn ein Teil des ausfällbaren Körpers mit dem vorher benutzten Lösungsmittel zurückblieb 63.
— der Analysenresultate bezogen auf die Trockenmasse der ursprünglichen (frischen, unveränderten) Substanz 49, 64.
— der durchschnittlichen Temperaturen und der Tagestemperaturen 66.
Beregnen, Verluste des Grases und Heues durch 110—120, 122.
Beregnungsversuche, Vorrichtung für 61.
Dextrin, Verluste an — bei der Dürrheubereitung 188.
Dextrose, Verluste an — bei der Dürrheubereitung 188.
Eiweiss, Abbau von — zu Amiden bei der Dürrheubereitung 152, 185.
Eiweissverbindungen, Gehalt des frischen Grases und des frisch geworbenen Heues an 152—155.
Exsikkator für Weissblechschachteln 53.
Faktor für die Lorenzsche Phosphorsäurebestimmung im Anschluss an die Säuregemischveraschung 13, 65.
Faktorentabelle 65, 66.
Fett, Verlust an Roh- — bei der Dürrheubereitung 155—163.
Futtermittel, Beschaffung der — zu Versuchen 49.
Futtermittel, Verzeichnis der zu den Versuchen verwendeten:
Festuca pratensis frisch, sofort im Vakuum getrocknet 144, 155.
„ „ im Schatten getrocknet 145, 156.
„ „ im Zimmer „ 144, 155.
„ „ im Keller „ 145.
Gemischtes Gras frisch, sofort im Vakuum getrocknet 148, 156.
„ „ bei zeitweise bewölktem Himmel getrocknet 148, 156.
„ „ im Keller getrocknet 149, 157.
Gras I a im Sonnenschein getrocknet 17, 78, 129, 139, 149, 159, 164.
„ I b „ Schatten, dann im Sonnenschein getr. 19, 89, 129, 150, 159, 167.
„ I c „ „ „ „ „ „ 19, 91, 130, 150, 160, 171.
„ I d frisch, sofort im Vakuum getrocknet 19, 27, 132, 149, 159.
„ II a im Sonnenschein getrocknet 75, 130.
„ II b „ Schatten (Gartenhaus) getrocknet 91, 130.
„ II c frisch, sofort im Vakuum getrocknet 75, 132.

Gras III im Sonnenschein getrocknet 76.
„ IV a „ „ „ 79.
„ IV b „ Schatten unter dichtbelaubtem Baum 89.
„ V b „ Sonnenschein getrocknet 76.
„ V c „ „ „ 78.
„ VII a—f bei bewölktem Himmel getrocknet 96.
„ VII f „ „ „ „ 83.
„ X a „ „ „ „ 81.
„ X b „ „ „ „ 82.
„ X c „ „ „ „ 85.
„ X d besprengt und bei bewölktem Himmel getrocknet 99.
„ X e „ , Versuch vor Trocknung abgebrochen 99.
„ X f frisch, sofort im Vakuum getrocknet, dann infiziert 108.
„ XI a im frischen Zustand beregnet 112.
„ XI b, frisch, sofort im Vakuum getrocknet, dann beregnet 112.
„ XI c 3 Tage gewelkt, dann beregnet 113.
„ XI d in 10 Tagen getrocknet, dann beregnet 113.
„ XII frisch 40.
„ XIII a im frischen Zustand beregnet 115.
„ XIII b frisch, sofort im Vakuum getrocknet, dann beregnet 115.
„ XIII c 5 Tage gewelkt, dann beregnet 116.
„ XIII d nach 7 tägigem Welken fast trocken, dann beregnet 116.
„ XIII e „ 12 Tagen im heutrockenen Zustand beregnet 117.
„ XIII f „ 12 Tagen heutrocken, dann im Vakuum getrocknet, dann beregnet 87, 117.
„ XIII g nach 12 Tagen heutrocken, dann 8 Tage beregnet 119.
„ XIV frisch, sofort im Vakuum getrocknet 38.
„ XV a bei bewölktem Himmel getrocknet 86, 128.
„ XV b „ „ „ besprengt 98, 128.
„ XV c „ „ „ besprengt und infiziert 104, 128.
„ XV d mit Chloroform getötet, besprengt und infiziert 105, 129.
„ XV e frisch, im Vakuum getrocknet, besprengt und infiziert 107, 128.
„ XV f frisch, sofort im Vakuum getrocknet 132.
„ XVI a im schwülen Treibhaus getrocknet 24, 126, 133.
„ XVI b „ „ „ besprengt 127, 133.
„ XVI c „ „ „ „ 24, 127, 133, 141.
„ XVI d „ Sonnenschein getrocknet 24, 80, 126, 141.
„ XVI e „ Schatten getrocknet 24, 88, 126, 140.
„ XVI f „ „ „ 24, 94, 127, 139.
„ XVI g frisch, sofort im Vakuum getrocknet 24, 132, 140.
„ XVII a im Schatten getrocknet 93.
„ XVII b „ „ gewelkt 131, 133, 152, 178.
„ XVII d bei bewölktem Himmel getrocknet 84.
„ XVII e getrocknet, beregnet, wieder getrocknet 101, 131, 151, 182.
„ XVII f bei bewölktem Himmel getrocknet 84, 131, 151, 174.
Heu A—G, vom Stock, gelagert 125, 137.
Onobrychis sativa frisch, sofort im Vakuum getrocknet 146, 158.
„ „ bei bewölktem Himmel getrocknet 146.
„ „ im Schatten (Gartenhaus) getrocknet 147, 158.
„ „ im Keller gewelkt 148, 158.

Poa pratensis frisch, sofort im Vakuum getrocknet 146.
„ „ im Schatten getrocknet 146.
„ „ im Keller getrocknet 145.
Kieselsäure, Menge der wasserlöslichen — in Pflanzenteilen 55 Anm.
Kohlehydrate, Verlust an — bei der Dürrheubereitung 163—193.
Lecithin, Methode der Bestimmung der -Phosphorsäure in Pflanzen 31, 47, 57.
— Menge der -Phosphorsäure in { Pflanzenteilen 123. / frischem Gras 138. / frisch geworbenem Heu 138. / gelagertem, gutem Heu 138.
— Veränderungen der -Menge bei Dürrheubereitung 135.
Mikroorganismen, Verluste an Trockenmasse durch — bei der Dürrheubereitung 103, 122.
— Einfluss der — auf den Lecithinverlust 136.
— Einfluss der — auf den Eiweissabbau bei der Dürrheubereitung 155.
Phosphorsäure, Methode zur Bestimmung von { Gesamt- 9, 56. / ätherl. (Lecithin) 31, 47, 57. / alkohollöslicher 56. / wasserl. organ. 14, 26, 27, 59. / anorganischer 14, 23, 59.
— Menge der verschiedenen Arten — im Gras 27.
Phosphorverbindungen, Trennung der verschiedenen 48, 55.
— Veränderungen der — bei der Dürrheubereitung 139.
Rohfaser, Verlust an — bei der Dürrheubereitung 163—193, 185.
Rohfett, Verlust an — bei der Dürrheubereitung 155—163, 185.
Rohprotein, Verlust an — bei der Dürrheubereitung 144, 152.
Saccharose, Verluste an — bei der Dürrheubereitung 163—193, 188.
Schichthöhe, Einfluss der — beim Trocknen des Grases auf die Verluste an Trockenmasse 121.
Stärke, Verluste an — bei der Dürrheubereitung 163—193, 188.
Stärkemehl, Gehalt des — an Gesamtphosphorsäure 8.
Stickstoffreie Extraktstoffe, Verlust an — bei der Dürrheubereitung 163 bis 193.
Stickstoffverbindungen, Verlust an — bei der Dürrheubereitung 144, 152, 185.
Temperatur, Einfluss der — auf die { Verluste an Trockenmasse 121. / Veränderungen der Eiweisstoffe 155. / Verluste an N-fr. Extraktst. 188—189.
Trocknungsdauer, Einfl. der — auf die { Verluste an Trockenmasse 121. / Veränderungen der Eiweisstoffe 155. / Verluste an Rohfett 163. / Verluste an N-fr. Extraktstoffen 188.
Trockenmassebestimmung, Methode der 3, 49—53.
Trockenmasseverluste 75—123.
— Ende der 96.
Vakuumtrocknung, Apparat zur — grösserer Futtermengen 52.
Veraschung, Methode der — zur Phosphorsäurebestimmung 7.
Wasserbestimmung, Methode der 3.
Wasserlösliche organ. Stoffe, Verluste an — bei der Dürrheubereitung 189, 203.

Lebenslauf.

Ich, Fritz Fleischmann, wurde geboren am 4. Mai 1878 in Kaisheim bei Donauwörth als Sohn des damaligen Anstalts- und Bezirksarztes Dr. Gottfried Fleischmann und seiner Ehefrau Maria geborenen v. Tucher. Nach Besuch der Volksschule und des humanistischen Gymnasiums legte ich im Juli 1898 das Gymnasialabsolutorium ab. Dann genügte ich 1898/99 meiner Dienstpflicht und bezog im Herbst 1899 die Universität München, um Chemie und Naturwissenschaften zu studieren. Im Jahre 1903 legte ich das Verbandsexamen ab und ging dann zum Studium landwirtschaftlicher Fächer an die Technische Hochschule, wo ich bis 1906 hauptsächlich im Laboratorium des Herrn Wirkl. Geheimen Rates Prof. Dr. v. Soxhlet arbeitete. Von 1906—1910 war ich Assistent an der Landwirtschaftlichen Zentral-Versuchsstation für Bayern und am Agrikulturchemischen Unterrichtslaboratorium der Technischen Hochschule in München. Seit 1910 bin ich am Milchwirtschaftlichen Institut der Akademie Weihenstephan als Assistent.

Freising, 7. Juli 1911.